



**Sara Raquel Miranda  
Martins**

**Definição do layout de um armazém para a  
otimização de picking.**





**Sara Raquel Miranda  
Martins**

**Definição do layout de um armazém para a  
otimização de picking.**

Projeto apresentado à Universidade de Aveiro para cumprimento dos requisitos necessários à obtenção do grau de Mestre em Engenharia e Gestão Industrial, realizada sob a orientação científica da Doutora Ana Maria Pinto de Moura, Professora Auxiliar do Departamento de Economia, Gestão, Engenharia Industrial e Turismo da Universidade de Aveiro



Dedico este trabalho aos meus pais, ao meu irmão e ao meu namorado, por serem os alicerces na construção da minha felicidade.



## **o júri**

Presidente

Prof. Doutora Helena Maria Pereira Dourado e Alvelos  
professora auxiliar da Universidade de Aveiro

Prof. Doutora Maria Teresa do Valle Moura Costa  
professora adjunta do Instituto Superior de Engenharia do Porto

Prof. Doutora Ana Maria Pinto de Moura  
professora auxiliar da Universidade de Aveiro





## agradecimentos

Agradeço de coração...

...à minha orientadora, Prof.<sup>a</sup> Ana Maria Pinto de Moura, pela dedicação e pela disponibilidade com que acompanhou todo o meu projeto, e pelo apoio e pela confiança que depositou no meu trabalho.

... a toda a comunidade Prilux, que me ajudou na integração na empresa e sempre demonstrou carinho e muita simpatia.

...ao Eng. Jorge Neto, que me deu a oportunidade de desenvolver o projeto de estágio nas instalações da Prilux, o que contribuiu para o meu desenvolvimento pessoal.

...à Eng. Clara Prior, que sempre esteve disponível para me ajudar e orientar durante todo o tempo de estágio, bem como para me apoiar na minha integração na empresa, muitas vezes para me ouvir e aconselhar.

...ao Diogo Silva e ao Nelson Mariano, pela paciência e pela ajuda que me ofereceram em cada atividade que executei para o desenvolvimento da minha tese. Sem eles, não teria obtido o resultado presente.

...aos meus pais, Graça Martins e Adérito Martins, que fizeram de mim a mulher de sou hoje e desde sempre me apoiaram e me deram a oportunidade de crescer segundo as minhas escolhas. Sem eles, não teria conseguido chegar onde cheguei.

...ao meu irmão, David Martins, e à minha cunhada, Diana Faria, sempre prontos para me ajudar e, muitas vezes, para me ouvir, nunca me deixando sem uma palavra, sem um conselho, sem um abraço.

...ao meu namorado, David Santos, pelas noites perdidas a estudar comigo, pelo incondicional apoio prestado, por me fazer rir e por me dar aquele abraço nas alturas mais difíceis, ajudando a tornar este sonho mais fácil de concretizar.

...à Conceição Fernandes, ao Jorge Fernandes e ao Hermano Rodrigues pelos conselhos e todo apoio prestado, e por sempre acreditarem em mim.

...à Ana Bernardes, pela amizade que se construiu, pela ajuda e apoio que sempre me deu em qualquer momento em que precisei, e à Liliane Lopes, pelo companheirismo e por todo o apoio, muito em especial por se ter mostrado sempre muito presente durante todo o tempo de estágio. Juntas vivemos grandes aventuras e bons momentos nestes cinco anos académicos e ambas se tornaram, para mim, uma segunda família.

...ao Bruno Mestre, pois foi quem me inspirou a seguir o curso de Eng. e Gestão Industrial e esteve sempre presente ao longo de todos estes anos.

...à Mónica Carvalho, pelo seu profissionalismo que me deu bases para a vida académica e pelas conversas tidas, que fizeram com que nunca desistisse dos meus objetivos e me tornasse, hoje, uma pessoa mais forte.

...à Ana Santos, pelo seu profissionalismo, que me ajudou a crescer na minha aprendizagem e a desenvolver a minha personalidade, e pela amiga que é.

... ao Filipe Freitas que nunca me negou ajuda quando recorria ao seu profissionalismo, que me ajudou a atingir muitas metas com sucesso.

...à Universidade de Aveiro, que me acolheu nestes cinco anos, e aos docentes integrantes do curso Engenharia e Gestão Industrial, que me transmitiram todos os valores e ensinamentos necessários para me lançar no mundo do trabalho.



## palavras-chave

Armazém; expedição; análise ABC; diagrama de esparguete e picking.

## Resumo

De acordo com a literatura, o armazém é o departamento que apresenta mais custos para uma empresa. Dentro do espaço para armazenamento, o *picking* é a atividade com maior peso em termos de custos operacionais, pois acarreta, aproximadamente, 50% dos custos totais. Perante este cenário, interessa a qualquer empresa eliminar tais custos, e a empresa Prilux - Estufas, Serviços Metalomecânicos e Rega Agrícola lda, não é exceção.

Neste seguimento de ideias, o estudo efetuado ao longo da realização deste projeto foca-se num objetivo: otimizar o espaço do armazém e das suas atividades logísticas. Procedeu-se à aplicação de diagramas de esparguete e a análises ABC, com vista, quer a perceber quais as atividades que não agregam valor, quer a reestruturar toda a disposição dos artigos no armazém, de forma a evidenciar aos quais devem ser atribuídos maior relevância. Construiu-se um sistema convencional de localização para cada produto, no sentido de tornar a procura dos artigos em todo o armazém mais intuitiva. Recorreu-se ao modelo matemático para otimizar as rotas do *picking* praticado no armazém, aquando a recolha de itens de encomendas. Para isso recorreu-se a um modelo de programação linear inteira o problema do caixeiro-viajante. Foram feitos testes com dados reais, depois de reposicionados todos os artigos segundo a classificação A, B e C e segundo o novo *layout*, sendo feita uma análise comparativa com os tempos de *picking* praticados antes das alterações propostas. Por fim, efetuou-se um estudo sobre os benefícios da possível implementação de uma tecnologia de localização no armazém (por exemplo, sistema de código de barras).

Verificou-se que tanto a reposição dos artigos segundo os critérios de análise ABC, como a atribuição de códigos de localização para cada artigo implicariam uma redução de tempo de *picking* em cerca de 30,27%. Concluiu-se que a tanto a redefinição do *layout*, como a otimização das rotas de *picking* trazem vantagens significativas à empresa, em termos de redução de tempos/custos. Conclui-se também que através do recurso à aplicação de tecnologia no armazém, a empresa conseguiria minimizar, ou mesmo eliminar os erros nas encomendas.



**keywords**

Warehouse; expedition; ABC analysis; spaghetti diagram and picking.

**abstract**

According to the literature, the warehouse is the department which presents the most costs for a company. Within the storage space, picking is the most expensive activity, as it carries approximately 50% of the operational costs. Given this scenario, it is in the interest of any company to eliminate such costs, and Prilux - Greenhouses, Metallurgical Services and Sprinkling Systems, Ltda, is no exception.

In this follow-up of ideas, the study carried out during the realization of this project focuses on one objective: to optimize the space of the warehouse and its logistic activities. Spaghetti diagrams and ABC analyzes were applied in order to perceive which activities do not add value, or to restructure the entire arrangement of the articles in the warehouse, in order to highlight which should be attributed greater relevance. In order to make the search for articles throughout the warehouse more intuitive a conventional localization system was built for each product. The mathematical model was used to optimize the picking routes practiced in the warehouse, when collecting order items. For this we used an entire linear programming model of the traveling salesman problem. Tests were performed with real data, after repositioning all articles according to the classification A, B and C and according to the new layout, comparing with the picking times practiced before the proposed changes. Finally, a study was carried out on the benefits of a possible implementation of a location technology in the warehouse (for example, bar code system). It was verified that both in the replacement of the articles according to the ABC analysis criteria and the assignment of location codes for each article would imply a reduction of picking time by about 30,27%. It was concluded that both the redefinition of the layout as in the optimization of the picking routes would bring significant advantages to the company in terms of reduction of times / costs. It also concluded that through the use of technology in the warehouse, the company could minimize or even eliminate errors in orders.





## Índice

Capítulo 1 – Introdução.....	1
1.1. Enquadramento.....	1
1.2. Objetivos .....	1
1.3. Metodologias .....	1
1.4. Estrutura do relatório de projeto.....	2
Capítulo 2 - Estado da Arte .....	3
2.1. Organização do Armazém .....	3
2.1.1. Gestão de <i>stock</i> .....	3
2.1.2. Análise ABC.....	3
2.1.3. <i>Layout</i> .....	6
2.2. <i>Order Picking</i> .....	8
2.2.1. Diagrama de esparguete .....	9
2.2.2. Métodos de organização do trabalho de <i>picking</i> .....	9
2.2.2.1. Picking discreto.....	9
2.2.2.2. Picking por zona .....	9
2.2.2.3. Picking por Lote .....	9
2.3. Sistemas de <i>Picking</i> .....	10
2.3.1. Picker-to-parts.....	10
2.3.2. Parts-to-picker.....	11
2.3.3. Put system .....	11
2.3.4. Picking automático e picking com robôs.....	12
2.4. Otimização do <i>picking</i> .....	12
2.4.1. Tecnologias.....	13
2.4.2. Problema do caixeiro viajante (TSP- Travelling Salesman Problem).....	15
Capítulo 3 - Caso de estudo.....	17
3.1. Apresentação do caso de estudo .....	17
3.1.1. Apresentação da empresa .....	17
3.1.2. Caracterização do armazém.....	18
3.1.3. Descrição do problema .....	21
3.2. Estudo e apresentação de uma solução.....	22
3.2.1. Levantamento das medidas do armazém .....	22
3.2.2. Diagrama de esparguete .....	23
3.2.3. Análise ABC.....	27
3.2.4. Modelo matemático.....	32
3.2.5. Codificação da localização dos produtos.....	44



3.2.6. Tecnologia aplicada ao armazém .....	48
3.2.7. Proposta possível para a otimização espacial do armazém .....	51
4.1. Trabalhos futuros .....	55
Referências.....	57

## Índice de Figuras

Figura 1 - Classificação dos artigos e da sua rotatividade, segundo a sua faturação. Fonte: elaboração própria. ....	4
Figura 2 - Exemplo de uma curva ABC. Fonte: Beheshti et al., 2012. ....	5
Figura 3 - Apresentação de duas maneiras comuns de implementar o armazenamento baseado na análise ABC. Fonte: R. de Koster, et al., 2007, adaptado. ....	6
Figura 4 - Exemplos de layout de armazém: a) Fluxo Contínuo; b) Fluxo em U. Fonte: Carvalho, et al., 2012. ....	7
Figura 5 - Tipo de fluxo vs. rotatividade dos artigos. Fonte: Carvalho e Guedes, 2010. ....	7
Figura 6 - Custo total das operações de um armazém. Fonte: Tompkins, et al., 2003, adaptado. ....	8
Figura 7 - Classificação de sistemas de preparação de pedidos: Fonte: De Koster, 2004, adaptado. ....	10
Figura 8 - Esquematização das características dos sistemas de picking. Fonte: Dallari, et al., 2009, adaptado. ....	12
Figura 9 - Comparação das tecnologias de order-picking. Fonte: Dukić, et al., 2010 adaptado.. ....	14
Figura 10 - Cronograma da história que antecedeu a fundação da PRILUX- Estufas e Rega Agrícola LDA .....	17
Figura 11 - Caracterização dos elementos das figuras seguintes. Elaboração própria. ....	18
Figura 12 - <i>Layout</i> do armazém em estudo (1º piso). Elaboração própria. ....	18
Figura 13 - Layout que apresenta os 4 mezaninos. Elaboração própria. ....	19
Figura 14 - Representação do mezanino 1. Elaboração própria. ....	19
Figura 15 - Representação do mezanino 2. Elaboração própria. ....	20
Figura 16 - Representação do mezanino 3. Elaboração própria. ....	20
Figura 17 - Representação do mezanino 4. Elaboração própria. ....	21
Figura 18 - Layout do armazém com as respetivas medidas. Elaboração própria. ....	22
Figura 19 - Mezaninos do armazém com as respetivas medidas. Elaboração própria. ....	23
Figura 20 - Diagrama de esparguete da nota de encomenda 3, picking atual. Elaboração própria. ....	24
Figura 21 - Diagrama de esparguete da nota de encomenda 7, picking atual. Elaboração própria. ....	25
Figura 22 - Diagrama de esparguete da nota de encomenda 3, após nova disposição dos artigos. Elaboração própria. ....	28
Figura 23 - Continuação do diagrama de esparguete da nota de encomenda 3, após nova disposição dos artigos. Elaboração própria. ....	29
Figura 24 - Diagrama de esparguete da nota de encomenda 7, após nova disposição dos artigos. Elaboração própria. ....	30
Figura 25 - Distribuição dos pontos no armazém, para a recolha dos itens - Piso 1. Elaboração própria. ....	34

Figura 26 - Distribuição dos pontos no armazém, para a recolha dos itens - 4 mezaninos. Elaboração própria.....	34
Figura 27 - Resultado da aplicação do solver no estudo da encomenda 3, no picking atual. Elaboração própria.....	36
Figura 28 - Sequência obtida na aplicação do solver no picking atual (encomenda 3), resultado da figura 27. Elaboração própria.....	36
Figura 29 - Resultado da aplicação do solver no estudo da encomenda 3, após nova disposição dos artigos. Elaboração própria. ....	37
Figura 30 - Sequência obtida na aplicação do solver após a nova disposição dos artigos (encomenda 3), resultado da figura 29. Elaboração própria. ....	38
Figura 31 -Continuação da sequência obtida na aplicação do solver após a nova disposição dos artigos (encomenda 3), resultado da figura 29. Elaboração própria. ....	39
Figura 32 - Resultado da aplicação do solver no estudo da encomenda 7, no picking atual. Elaboração própria.....	40
Figura 33 - Sequência obtida na aplicação do solver no picking atual (encomenda 7), resultado da figura 32. Elaboração própria.....	40
Figura 34 - Resultado da aplicação do solver no estudo da encomenda 7, após nova disposição dos artigos. Elaboração própria. ....	41
Figura 35 - Sequência obtida na aplicação do solver após a nova disposição dos artigos (encomenda 7), resultado da figura 34. Elaboração própria. ....	42
Figura 36 - Plano atual da localização dos artigos no espaço do armazém em estudo. ....	44
Figura 37 - Legenda do código de localização dos produtos. Elaboração própria.....	45
Figura 38 - Legenda dos elementos das figuras 39, 40. Elaboração própria.....	45
Figura 39 - Codificação dos corredores horizontais e dos corredores do canto inferior direito. Elaboração própria.....	46
Figura 40 - Codificação dos corredores dos 4 mezaninos. Elaboração própria. ....	47
Figura 41 - Proposta de configuração para o armazém, primeiro piso. Elaboração própria. ....	52
Figura 42 - Proposta de configuração para o armazém, mezaninos. Elaboração própria. ....	52
Figura 43 - Nota de encomenda da respetiva "Encomenda 2". ....	62
Figura 44 - Diagrama de esparguete da nota de encomenda 1, picking atual. Elaboração própria. .....	63
Figura 45 - Diagrama de esparguete da nota de encomenda 2, picking atual. Elaboração própria. .....	64
Figura 46 - Diagrama de esparguete da nota de encomenda 3, picking atual. Elaboração própria. .....	65
Figura 47 - Diagrama de esparguete da nota de encomenda 4, picking atual. Elaboração própria. .....	66
Figura 48 - Diagrama de esparguete da nota de encomenda 5, picking atual. Elaboração própria. .....	67
Figura 49 - Diagrama de esparguete da nota de encomenda 6, picking atual. Elaboração própria. .....	68

Figura 50 - Diagrama de esparguete da nota de encomenda 7, picking atual. Elaboração própria.	69
Figura 51 - Gráfico de Pareto, resultado da tabela do Anexo C.	71
Figura 52 - Diagrama de esparguete da nota de encomenda 1, após nova disposição dos artigos. Elaboração própria.	73
Figura 53 - Diagrama de esparguete da nota de encomenda 2, após nova disposição dos artigos. Elaboração própria.	74
Figura 54 - Diagrama de esparguete da nota de encomenda 3, após nova disposição dos artigos. Elaboração própria.	75
Figura 55 - Continuação do diagrama de esparguete da nota de encomenda 3, após nova disposição dos artigos. Elaboração própria.	76
Figura 56 - Diagrama de esparguete da nota de encomenda 4, após nova disposição dos artigos. Elaboração própria.	77
Figura 57 - Diagrama de esparguete da nota de encomenda 5, após nova disposição dos artigos. Elaboração própria.	78
Figura 58 - Diagrama de esparguete da nota de encomenda 6, após nova disposição dos artigos. Elaboração própria.	79
Figura 59 - Diagrama de esparguete da nota de encomenda 7, após nova disposição dos artigos. Elaboração própria.	80
Figura 60 - Resultado da aplicação do solver no estudo da encomenda 2, no picking atual. Elaboração própria.	81
Figura 61 - Resultado da aplicação do solver no estudo da encomenda 2, após nova disposição dos artigos. Elaboração própria.	81
Figura 62 - Resultado da aplicação do solver no estudo da encomenda 3, no picking atual. Elaboração própria.	82
Figura 63 - Resultado da aplicação do solver no estudo da encomenda 3, após nova disposição dos artigos.	82
Figura 64 - Resultado da aplicação do solver no estudo da encomenda 4, no picking atual. Elaboração própria.	83
Figura 65 - Resultado da aplicação do solver no estudo da encomenda 4, após nova disposição dos artigos.	83
Figura 66 - Resultado da aplicação do solver no estudo da encomenda 6, no picking atual. Elaboração própria.	84
Figura 67 - Resultado da aplicação do solver no estudo da encomenda 6, após nova disposição dos artigos. Elaboração própria.	84
Figura 68 - Resultado da aplicação do solver no estudo da encomenda 7, no picking atual. Elaboração própria.	85
Figura 69 - Resultado da aplicação do solver no estudo da encomenda 7, após nova disposição dos artigos.	85
Figura 70 - Sequência obtida na aplicação do solver no picking atual (encomenda 2), resultado da Figura 60. Elaboração própria.	86

Figura 71 - Sequência obtida na aplicação do solver após a nova disposição dos artigos (encomenda 2), resultado da Figura 61. Elaboração própria. ....	87
Figura 72 - Sequência obtida na aplicação do solver no picking atual (encomenda 3), resultado da Figura 62. Elaboração própria. ....	88
Figura 73 - Sequência obtida na aplicação do solver após a nova disposição dos artigos (encomenda 3), resultado da Figura 63. Elaboração própria. ....	89
Figura 74 - Continuação da sequência obtida na aplicação do solver após a nova disposição dos artigos (encomenda 3), resultado da Figura 63. Elaboração própria.....	90
Figura 75 - Sequência obtida na aplicação do solver no picking atual (encomenda 4), resultado da Figura 64. Elaboração própria. ....	91
Figura 76 - Sequência obtida na aplicação do solver após a nova disposição dos artigos (encomenda 4), resultado da Figura 65. Elaboração própria. ....	92
Figura 77 - Sequência obtida na aplicação do solver no picking atual (encomenda 6), resultado da Figura 66. Elaboração própria. ....	93
Figura 78 - Sequência obtida na aplicação do solver após a nova disposição dos artigos (encomenda 6), resultado da Figura 67. Elaboração própria. ....	94
Figura 79 - Sequência obtida na aplicação do solver no picking atual (encomenda 7), resultado da Figura 68. Elaboração própria. ....	95
Figura 80 - Sequência obtida na aplicação do solver após a nova disposição dos artigos (encomenda 7), resultado da Figura 69. Elaboração própria. ....	96



## Índice de Tabelas

Tabela 1 – Classe A, B, ou C vs. Modelos de gestão de <i>stock</i> . Fonte da informação: Carvalho e J.C (2010), tabela: Elaboração própria. ....	5
Tabela 2 - Resultados dos 7 diagramas de esparguete. Elaboração própria. * No anexo C, apresenta-se um excerto da lista dos artigos em estudo. ....	25
Tabela 3 - Resultados dos 7 diagramas de esparguete depois da análise ABC e da nova disposição dos artigos no armazém. Elaboração própria. ....	30
Tabela 4 - Comparação do levantamento de picking atual com o levantamento do picking depois de aplicado a ferramenta análise ABC*. ✓ - Verificou-se redução; ✗ - Não se verificou redução. * Disposição dos artigos segundo a análise ABC. ....	32
Tabela 5 - Resumo dos resultados das distâncias obtidas (apresentados no anexo G) com a aplicação do solver nos dois pickings: picking atual e picking após a nova disposição dos artigos. ✓ - Verificou-se redução; ✗ - Não se verificou redução. * Disposição dos artigos segundo a análise ABC.....	42
Tabela 6 - Comparação dos resultados das distâncias entre a Situação A com a Situação C. ✓ - Verificou-se redução; ✗ - Não se verificou redução. * Disposição dos artigos segundo a análise ABC.....	43
Tabela 7 - Custos suportados pela empresa dos erros na elaboração das encomenda, entre as datas 29/06/2017 e 14/12/2017. A designação pelas letras A, B, C, ... nos nomes dos artigos dizem respeito ao acordo de confidencialidade entre a Prilux e o autor deste relatório, tendo sido substituídos os nomes reais pela respetiva nomenclatura sugerida. ....	49
Tabela 8 - Excerto da tabela da lista de artigos e das suas quantidades vendidas correspondente aos meses abril a julho do ano 2017, e aplicação da ferramenta análise ABC. Elaboração própria.....	70
Tabela 9 - Excerto da lista de codificação de localização para cada artigo. ■ Eliminou-se estante. ....	72

## Índice de Anexos

Anexo A – Nota de encomenda.....	62
Anexo B – Diagramas de esparguete ( <i>Picking</i> atual).....	63
Anexo C – Lista de artigos .....	70
Anexo D – Gráfico de Pareto .....	70
Anexo E – Lista dos códigos de localização de cada artigo. ....	72
Anexo F – Diagramas de esparguete (Após nova disposição dos artigos-análise ABC) .....	73
Anexo G – Resultados da aplicação do <i>solver</i> nas encomendas 2, 3, 4, 6 e 7.....	81
Anexo H – Diagramas de esparguete do resultados da aplicação do <i>solver</i> nas encomendas 2, 3, 4, 6 e 7 .....	86





## Capítulo 1 – Introdução

Este capítulo inicia-se pelo enquadramento do projeto, seguindo-se a apresentação dos objetivos propostos pela empresa; é descrita a metodologia sugerida para atingir os objetivos, e, por fim, encontra-se a estrutura do presente projeto de estágio.

### 1.1. Enquadramento

Qualquer empresa com espírito competitivo tem como objetivo crescer no mercado para conseguir ultrapassar a concorrência, de forma a obter resultados positivos ao longo dos anos de trabalho, como lucros e certificações, entre outras metas.

É o caso da empresa PRILUX - Estufas e Rega Agrícola LDA, cujo foco se centra no comércio de produtos do setor agrícola. Devido à sua orientação empresarial, que pode traduzir-se na frase “somos capazes de fazer melhor”, nos últimos anos esta empresa tem vindo a especializar-se na projeção e na construção de estruturas metálicas. Porém há um departamento que esta empresa procura otimizar quanto à organização, nomeadamente o departamento comercial, mais especificamente o armazém.

Segundo a literatura, o armazém é o espaço com o maior peso nas despesas de uma empresa, sendo, por esse motivo, mais suscetível de implementação de melhorias. Dentro das várias tarefas inerentes a um armazém, a recolha de pedidos é a atividade mais dispendiosa e à qual se deve dar maior atenção.

Ferramentas de melhoria como o diagrama de esparguete, a análise ABC, entre outras, permitem perceber a forma como se deve agir para melhorar o espaço do armazém, e ajudam a obter os resultados pretendidos.

Assim, o trabalho presente: explica a forma como as ferramentas suprarreferidas foram aplicadas; apresenta os resultados obtidos da análise dos dados por elas fornecidos; dá a conhecer as respetivas conclusões acerca do impacto, positivo ou negativo, no caso em estudo, ou seja, verificar se o respetivo armazém necessita de grandes mudanças, ou se, por outro lado, o mesmo se encontra bem organizado.

### 1.2. Objetivos

Os objetivos deste trabalho centram-se em: detetar atividades sem relevância para a dinâmica da empresa, de forma a eliminá-las; organizar o armazém de maneira a que os produtos com maior rotatividade fiquem perto da zona de expedição, com vista a menores deslocações dos operadores; estudar as rotas atuais dos responsáveis pela preparação dos pedidos, visando a obtenção de melhorias significativas; propor uma organização intuitiva do armazém, para, em caso de contratação de operadores de apoio aos responsáveis de expedição em épocas altas, não haja perdas de tempo a perceber onde se localizam os artigos.

### 1.3. Metodologias

Iniciou-se o desafio proposto pela revisão da literatura, por forma a expor a fundamentação teórica da escolha das ferramentas e das metodologias adequadas ao caso em estudo, bem como a aplicação de cada uma delas.

De seguida, e uma vez que não foi possível obter a planta do armazém, procedeu-se ao levantamento das medidas do mesmo (estantes, corredores e restantes infraestruturas de apoio), o que permitiu desenhar o seu *layout* atual. Desta forma, foi possível adquirir sensibilidade na localização de todos os produtos existentes e de como é feita a sua organização.

Num terceiro passo, recorreu-se à ferramenta diagrama de esparguete para estudar a forma como é processado um pedido de encomenda, e para analisar as distâncias percorridas e os tempos necessários para a conclusão da mesma. Procedeu-se, portanto, a um levantamento de dados do *picking*.

Posteriormente, foi elaborada uma análise ABC, a partir da qual se obtiveram as quantidades vendidas de cada produto, com o objetivo de reposicionar todo o material nas estantes, tendo sido proposto que os produtos mais vendidos seriam colocados junta à zona de expedição e os menos vendidos no restante espaço do armazém, de forma a otimizar as distâncias e tempos anteriormente estudados.

Como resultado do passo anterior, fez-se novamente uso da ferramenta diagrama de esparguete, e efetuaram-se novas medições das distâncias e dos tempos efetuados. Fez-se, pois, um estudo da situação inicial para o segundo cenário, para verificar se houve melhorias significativas.

Criou-se um sistema de localização de cada artigo, com vista a responder a uma necessidade urgente da empresa, que é tornar o armazém mais intuitivo para que não haja perdas de tempo a executar uma encomenda. Apresenta-se, ainda, uma tecnologia passível de ser implementada no armazém, a qual complementa o sistema referido anteriormente.

De seguida, recorreu-se a um modelo matemático, nomeadamente ao modelo do problema do caixeiro-viajante, adaptado ao caso de estudo, com o mesmo objetivo de redução dos tempos de *picking* subjacente aos métodos anteriormente referidos. Este modelo foi utilizado com a ajuda de um suplemento do Excel designado *solver*, de forma a automatizar o cálculo das distâncias de *picking* estudadas anteriormente, obtendo-se, assim, um terceiro resultado. O resultado final deste projeto foi obter uma comparação entre três situações: a prática atual da empresa concernente ao armazenamento; o reposicionamento de todos os produtos segundo a quantidade de vendas; o resultado obtido para definição do *picking* recorrendo ao modelo matemático.

Foi efetuado um estudo sobre o impacto que a implementação de um sistema de código de barras teria no desempenho das atividades logísticas do armazém, e, por fim, é apresentado uma proposta possível para a otimização espacial do armazém em estudo.

#### 1.4. Estrutura do relatório de projeto

O presente trabalho encontra-se dividido em 4 capítulos.

O primeiro capítulo consiste na Introdução, na qual se apresentam o enquadramento do trabalho no seu todo, os objetivos a atingir e descrição da estrutura do mesmo.

No segundo capítulo, apresenta-se o estado de arte necessário para o desenvolvimento deste relatório. Recorre-se a conceitos considerados importantes para o contexto, e expõe-se possíveis metodologias a seguir, ambos baseados em artigos que fundamentam a abordagem do trabalho em causa. Este capítulo tem como dois grandes temas a organização do armazém e o *order picking*.

O terceiro capítulo inclui a apresentação da empresa, a descrição do armazém (sendo este o alvo em estudo) e a caracterização do problema. É descrita a metodologia da proposta de solução para o problema em estudo, de forma a atingir os objetivos descritos no primeiro capítulo. Ainda neste capítulo, demonstra-se como se procedeu à aplicação de cada ferramenta ou conceito para a resolução do caso de estudo, sendo descrito cada passo dado, tendo em conta a resolução de cada questão inerente aos temas propostos.

Por último, no quarto capítulo são apresentadas a conclusão do presente relatório e a proposta de trabalhos futuros.

## Capítulo 2 - Estado da Arte

O capítulo apresenta uma revisão da literatura relativa a dois aspetos relativos ao armazém: organização (gestão de *stock*, análise ABC e *layout*); *order picking* (diagrama de esparguete, métodos, sistemas e otimização).

### 2.1. Organização do Armazém

#### 2.1.1. Gestão de *stock*

A gestão de *stocks* tem como objetivo garantir, na empresa, a existência da quantidade certa do material certo, no momento adequado, no local correto e ao menor custo. No entanto, não existe um objetivo geral de gestão de *stock* que seja válido para qualquer empresa, nem uma solução única para todos os artigos e para todas as categorias de *stocks*. Esse objetivo deve ser definido segundo o contexto particular de cada empresa (A. Courtois e Maurice Pillet, 2007).

O termo '*stock*' define-se como um conjunto de matérias ou de produtos acumulados, para garantir o fornecimento aos clientes, de forma a satisfazer as necessidades dos mesmos. Trata-se, pois de um conjunto de elementos patrimoniais com valor monetário.

Existem vários tipos de *stock*, sendo os principais: matérias-primas; *WIP-work in process*; produtos acabados; consumíveis; peças de substituição e de manutenção. É neste contexto que surge a área da Logística, que visa gerir os *stocks* anteriormente referidos. A Logística define-se como um processo estratégico não só de planeamento, de organização e de controlo dos fluxos e armazenagem de matérias, como também da informação gerada desde dos fornecedores até ao ato de entrega, nomeadamente os consumidores. O processo logístico permite às empresas reduzir custos e prazos de entrega e tem como objetivo maximizar a satisfação das necessidades dos clientes, com a finalidade de as empresas se tornarem mais competitivas perante a sua concorrência (Waters, 2003).

Assim, apenas através de uma gestão de *stocks* eficiente é possível planear e organizar os fluxos de materiais e os fluxos de informação, para que a empresa consiga manter o mínimo de *stock* e, ao mesmo tempo, possa garantir que não se verifiquem falhas no fornecimento dos pedidos dos consumidores.

#### 2.1.2. Análise ABC

Nos dias de hoje, é cada vez mais evidente a existência de armazéns em qualquer média ou grande empresa, com o objetivo de estas se diferenciarem no mercado. Tal facto gera a necessidade de explorar outras vertentes do negócio através da obtenção de novos produtos. Devido à emergência deste fenómeno, é importante haver uma boa gestão e controlo do armazém, enquanto espaço e enquanto departamento, de forma a que os responsáveis pela organização possam obter resultados eficazes e satisfatórios.

Um método que fornece uma ampla gama de informações sobre custos, operações, atividades, saídas e objetos de custo é a análise de Pareto, também conhecida como classificação ABC. Este método é utilizado principalmente para calcular os custos de um objeto de custo específico (Bajus e Hudáková Stašová, 2014).

*"As the Pareto principle applies to most aspects of life, it is today popularly known as 'the 80/20 rule'. The principle proposes that around 80% of the overall impact of errors in any industrial scenario is due to a small number of error types, termed the 'vital few' and 20% of the impact due to other error types, called the 'trivial many'."* (Sarkar, et al., 2013).

Para se realizar uma análise ABC, começa-se por avaliar os consumos anuais de cada referência, obtendo-se valores, em percentagem, em relação aos consumos totais. De seguida, procede-se a uma ordenação, por ordem decrescente, dos valores anteriormente obtidos. As referências responsáveis por 80% do valor total do *stock* são classificadas como classe A; as por 15%, como classe B; as por 5%, como classe C (A. Courtois e Maurice Pillet, 2007).

*“ABC storage is a well-known example of grouped-storage assignment. Firms classify products as A, B, or C based on their pick frequency and assign each product group to a certain area of the warehouse” (Malmborg, 1995).*

A análise ABC é uma das ferramentas que permitem às empresas controlar os custos, fornecendo informações detalhadas que possibilitam monitorizar os recursos utilizados dentro das organizações. A mesma ferramenta permite também, à gestão de topo, avaliar se os custos correspondem de facto aos respetivos gastos, visando a redução de custos supérfluos. A aplicação desta ferramenta permite avaliar todo o material do armazém, classificando os produtos com A, B e C, de acordo com a sua proporção relativa no valor total, quantidade e frequência de consumo (Kampf, et al., 2016). Desta forma, evita-se que os artigos em *stock* sejam indiferenciadamente considerados de igual importância para o consumo total da empresa.

*“ABC Analysis also helps to determine costs with regards to different calculation objects, not only products, but also for example, distribution routes, customers, services, etc.” (Kampf et al., 2016).*

A figura seguinte explicita a forma como devem ser classificados os artigos do armazém, segundo a faturação dos mesmos:

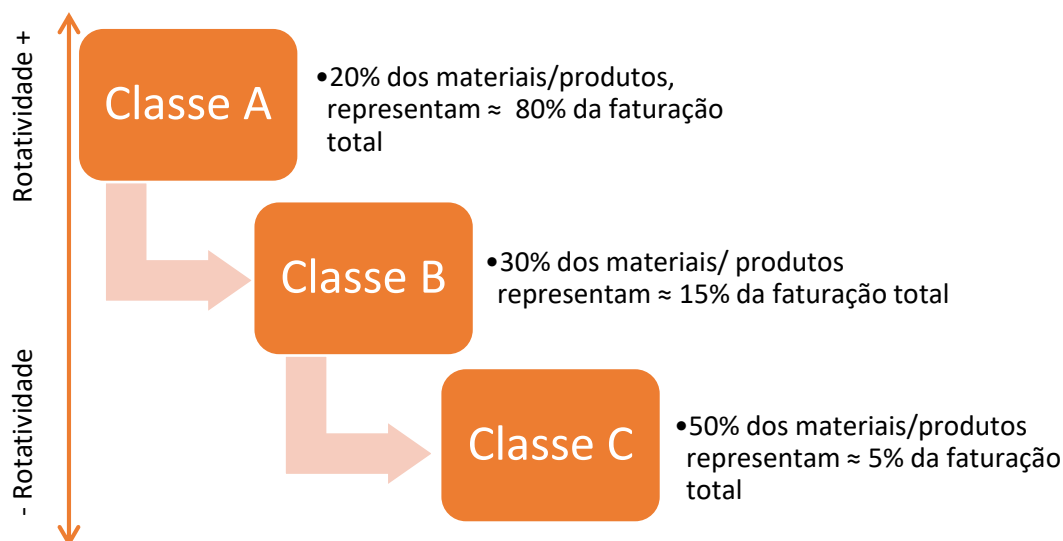


Figura 1 - Classificação dos artigos e da sua rotatividade, segundo a sua faturação. Fonte: elaboração própria.

Esta esquematização recorre à regra de Pareto, referida anteriormente, e permite verificar que sensivelmente 20% dos itens representam 80% de determinada característica (Figura 2). Estes itens são classificados como classe A e requerem um nível de gestão elevado. Seguindo a mesma lógica, 30% dos itens que representam 15% do impacto no critério são incorporados na classe B, sendo o seu aprovisionamento de nível médio; por fim, os restantes, incorporados na classe C, requerem uma gestão de nível baixo.

Segundo Carvalho, J.C (2010) esta análise permite escolher, qual o modelo de gestão de *stock* a utilizar em cada classe, isto para se diferenciar a ‘atenção’ e os recursos de gestão a cada conjunto de artigos, definidos pela ferramenta análise ABC.

Os modelos de gestão de *stocks* são um outro tema bastante importante da logística, pois permite controlar os níveis de *stock*, minimizando os riscos e custos numa empresa. Estes modelos são importantes porque previnem ruturas de *stock*, garantem um nível de *stock* para cada artigo e permitem definir encomendas no tempo devido. Os modelos aqui retratados são: a revisão contínua e a revisão periódica.

Assim, a tabela seguinte indica qual o modelo a utilizar para cada classe proveniente da análise ABC:

Classe	Modelo de gestão de <i>stock</i>	Justificação para a escolha do modelo
A	Revisão contínua	Possui níveis de serviço mais elevados e assim necessita de um controlo mais eficiente sobre os <i>stocks</i> .
B	Revisão contínua ou revisão periódica	Os itens possuem uma relevância intermédia
C	Revisão periódica	Os itens são pouco relevantes em termos financeiros, logo requer um procedimento simples de gestão de <i>stocks</i> .

Tabela 1 – Classe A, B, ou C vs. Modelos de gestão de *stock*. Fonte da informação: Carvalho e J.C (2010), tabela: Elaboração própria.

Esta divisão não é rígida, o que significa que pode ser ajustada (Beheshti, et al., 2012). Os itens a avaliar podem ser produtos, lojas, ou qualquer outro objeto. Um exemplo comum da aplicação desta ferramenta é a identificação de um pequeno número de referências de produtos responsáveis pelo maior volume de vendas (Rushton, et al., 2010).

Resumindo, a análise ABC é uma ferramenta simples que permite estabelecer prioridades, sendo bastante útil à gestão de *stocks*. O estabelecimento de prioridades é determinado através da classificação de um conjunto de produtos em classes de acordo com um ou vários critérios. O objetivo é identificar uma pequena quantidade de itens com grande impacto na característica em estudo, permitindo um foco especial nesse pequeno grupo e aumentando a eficiência da gestão (Beheshti, et al., 2012).

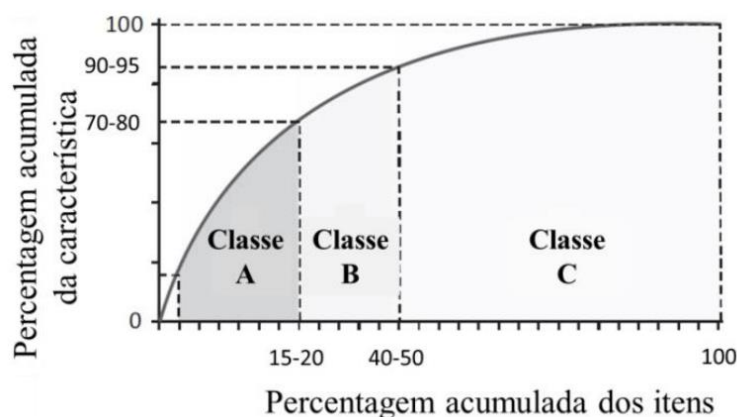


Figura 2 - Exemplo de uma curva ABC. Fonte: Beheshti et al., 2012.

A análise ABC influencia a forma de acondicionamento dos produtos no espaço do armazém. Uma vez que é intuitivo que os produtos com uma maior rotatividade estejam na linha da frente (como se verifica na Figura 3), junto da zona de expedição, conclui-se que, neste espaço, estarão os produtos de classe A, seguindo-se a colocação dos de classe B e, por último, os artigos de classe C.

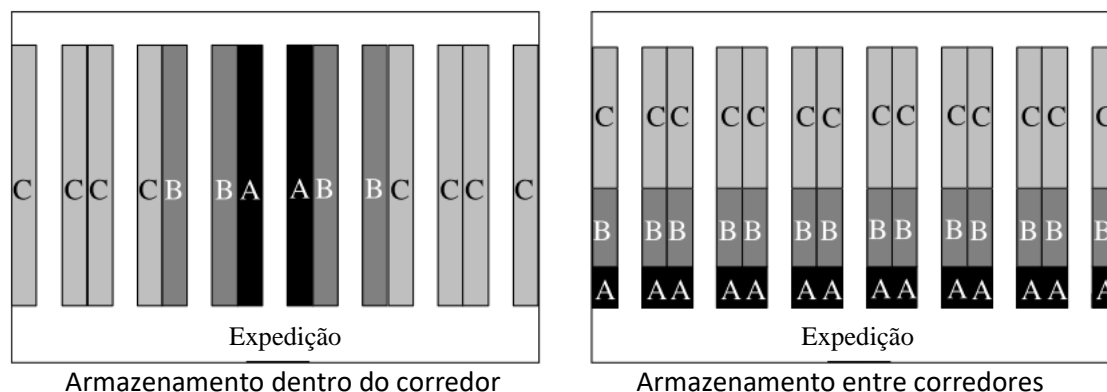


Figura 3 - Apresentação de duas maneiras comuns de implementar o armazenamento baseado na análise ABC. Fonte: R. de Koster, et al., 2007, adaptado.

### 2.1.3. Layout

Numa cadeia de abastecimento, os produtos devem ser entregues aos clientes no menor tempo possível. Tal tempo de entrega só é conseguido com um número mínimo de ações. Logo, o armazém é o elo importante entre o cliente e a empresa. O termo 'armazém' define-se como um local onde a matéria-prima, os semi-produtos e os produtos acabados são recebidos, transferidos ou guardados, colhidos, classificados e acumulados, combinados e enviados (Cakmak, et al., 2012).

Os armazéns são, portanto, uma componente essencial de qualquer cadeia de abastecimentos. As principais funcionalidades dos armazéns são: (1) amortecimento do fluxo de material ao longo da cadeia de abastecimento, de forma a acomodar a variabilidade causada pela sazonalidade do produto e/ou produção; (2) consolidação de produtos de múltiplos fornecedores, para posteriormente serem entregues ao cliente; (3) realização de atividades de valor agregado, como *kitting*, rotulagem e personalização do produto (Gu Jinxiang e Goetschalckx Marc, 2007).

Dada necessidade de otimizar o desempenho de uma cadeia de abastecimento, os armazéns são um ótimo alvo para alcançar melhorias de desempenho significativas (Horta, et al., 2016). Um dos objetivos de otimização que se encontram na literatura está relacionado com a distância percorrida na preparação de uma encomenda (R. de Koster, et al., 2007).

Richards (2017) afirma que uma escolha adequada do *layout* para um armazém deve aumentar o rendimento, reduzir os custos, melhorar o serviço prestado aos clientes e proporcionar melhores condições de trabalho.

No entanto, não é possível chegar a um *layout* genérico ótimo que permita a obtenção de um resultado eficaz e eficiente na execução das atividades de qualquer armazém. Cada armazém é único, no sentido em que não se deve aplicar o mesmo *layout* a dois espaços diferentes. Deve proceder-se a uma análise aprofundada das características e das funcionalidades do respetivo armazém, de modo a obter-se o *layout* adequado ao mesmo.

Existem dois tipos de *layout* mais utilizados em armazéns, nomeadamente o de fluxo contínuo (*straight-through* ou *straight-line*) e o de fluxo em U. A Figura 4 apresenta a configuração visual do comportamento dos dois fluxos e as localizações das zonas que constituem, na generalidade, um armazém.

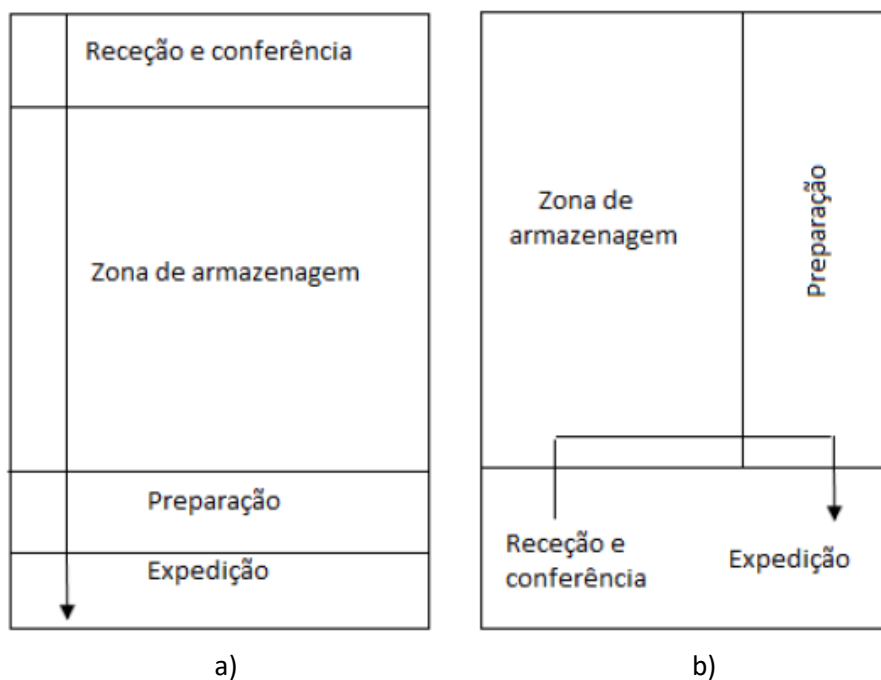


Figura 4 - Exemplos de layout de armazém: a) Fluxo Contínuo; b) Fluxo em U. Fonte: Carvalho, et al., 2012.

Os layouts com fluxo contínuo oferecem vantagens ao nível dos tempos de deslocação e ao nível dos congestionamentos. São adequados em armazéns que praticam o *cross-docking* e em armazéns que possuem várias instalações fabris (linhas de produção).

Os armazéns com fluxo em U apresentam duas vantagens que o fluxo anterior não possui, designadamente a menor distância média percorrida dentro do armazém e a proximidade entre o espaço necessário para a receção e a expedição dos produtos (Carvalho, 2002).

Conjugando a análise ABC com o tipo de fluxo, obtém-se o seguinte resultado:

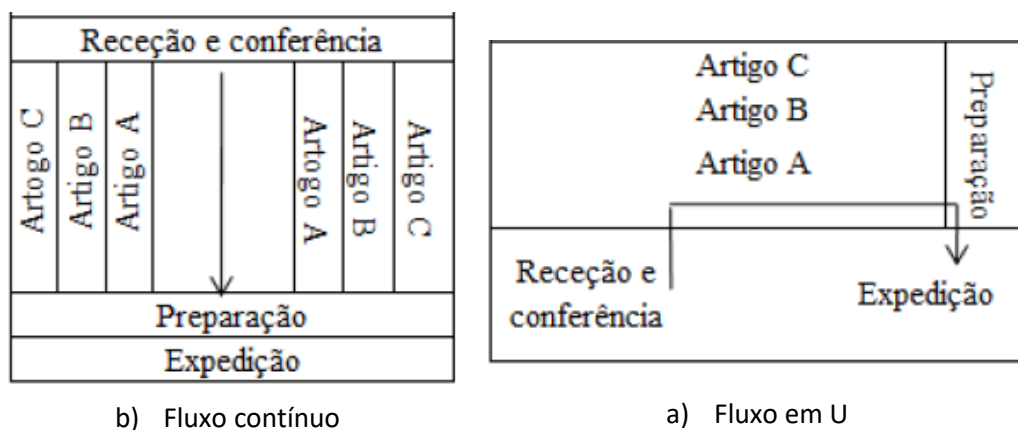


Figura 5 - Tipo de fluxo vs. rotatividade dos artigos. Fonte: Carvalho e Guedes, 2010.

Num estudo de alocação dos produtos num armazém, se estivermos perante um armazém que possui um fluxo em U, a colocação dos artigos de alta rotatividade são alocados perto da entrada e saída do armazém, e os produtos de baixa rotatividade são colocados na parte de trás do mesmo (Figura 5 a).



Se o armazém em estudo pratica um fluxo contínuo, os produtos com maior rotação são alocados na linha central do armazém e os produtos com baixa rotatividade são posicionados nas zonas laterais do mesmo (Figura 5 b).

Esta organização permite que os operadores se desloquem menos ao preparar um pedido, otimizando-se, assim, a atividade *picking* (executante mais encomendas).

## 2.2. Order Picking

O *Order Picking* é a função do armazém que lida com a recolha de itens de encomenda nos respetivos locais dentro do mesmo, a fim de satisfazer uma determinada procura especificada pelos pedidos dos clientes (Petersen, 1999). Os artigos são adquiridos, recebidos e armazenados em grandes quantidades, enquanto os pedidos dos clientes são mais pequenos e relativos a artigos diversificados (Scholz, et al., 2017).

*“Order picking has long been identified as the most labour-intensive and costly activity for almost every warehouse; the cost of order picking is estimated to be as much as 55% of the total warehouse operating expense. Any underperformance in order picking can lead to unsatisfactory service and high operational cost for the warehouse, and consequently for the whole supply chain.”* (de Koster, et al., 2007).

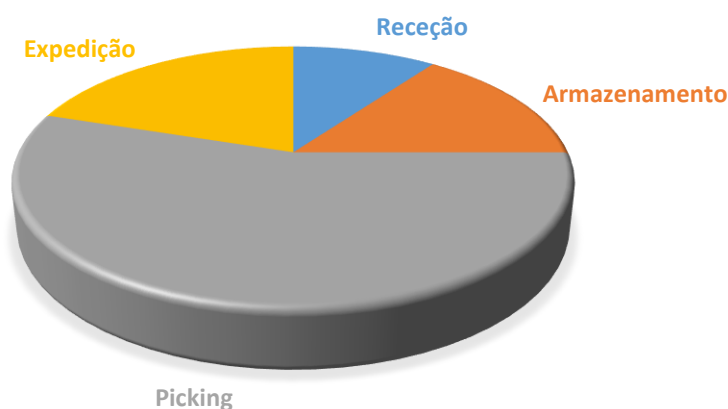


Figura 6 - Custo total das operações de um armazém. Fonte: Tompkins, et al., 2003, adaptado.

Apesar de várias tentativas de automatizar este processo, aproximadamente 80% de todos os sistemas de *Order Picking* na Europa Ocidental são praticados de forma manual (R. de Koster, et al., 2007). De acordo com a literatura, 50% (Frazelle, et al., 2002, Chapter 8) dos custos operacionais totais do armazém corresponde à atividade *Order Picking*.

*“Clearly improving order picking is an important way to save costs.”* (Dekker, et al., 2004).

Uma boa seleção e implementação do *order picking* permite um aumento da produtividade ao nível da taxa de *picking* (número de operações de *picking* realizadas), uma redução do tempo de ciclo e do tempo ocorrido entre a entrada de um pedido e a saída da encomenda, e um aumento da exatidão da seleção de encomendas, levando a uma redução dos erros na escolha dos produtos nas encomendas.

*“Order picking is the gathering of goods out of a prepared range of items following some customer orders. As such it is the last process step before the goods are delivered to the customers. Errors have a strong influence on the quality of delivery and the*

*relationship between clients and suppliers Thus, zero-defect picking is one important goal"* (Reif e Günthner, 2009).

### 2.2.1. Diagrama de esparguete

O diagrama de esparguete é uma ferramenta utilizada para desenhar o trajeto que um determinado produto ou operário percorre, com o objetivo de visualizar o comportamento do que está a ser avaliado ao longo de um fluxo.

Esta ferramenta permite visualizar o comportamento da execução de um produto ou de um operador durante todo um processo. Por meio desta recolha de informação, é possível detetar ações que não agregam valor ao respetivo processo, e eliminá-las. Pode definir-se um tempo-padrão para o processo em estudo, permitindo o aumento da produtividade que qualquer empresa (Luiz De Oliveira, et al., 2014).

### 2.2.2. Métodos de organização do trabalho de *picking*

Segundo Lima (2009), foram desenvolvidos alguns métodos de organização do trabalho com o objetivo de melhorar a produtividade do *picking*, no sentido de minimizar os tempos não úteis gastos no deslocamento dos operadores na recolha dos produtos.

Estes métodos designam-se por *picking* discreto, *picking* por zona, *picking* por lote e, por fim, *picking* por onda.

#### 2.2.2.1. *Picking* discreto

A sua definição centra-se no "*picking* tradicional", em que o operador lê um pedido de encomenda de cada vez e recolhe os itens do pedido linha a linha. Esta forma de organização é muito utilizada pela sua simplicidade. A propensão a erros é relativamente pequena, por se preparar uma encomenda de cada vez. A desvantagem está na baixa produtividade, devido ao tempo excessivo que é gasto com o deslocamento do operador (Lima, 2009).

#### 2.2.2.2. *Picking* por zona

Neste método, o armazém é segmentado em secções ou zonas e cada operador está associado a uma das zonas. Quando é preparada uma encomenda, cada operador recolhe os itens do pedido que faz parte da sua secção; posteriormente, vai depositá-los numa área de consolidação para que os itens das outras zonas sejam agregados, originando, assim, o pedido inicial. As vantagens deste método destacam-se pela flexibilidade ao permitir que diferentes equipamentos de movimentação e de *stock* sejam utilizados e permite que se façam várias tarefas ao mesmo tempo, ou seja, enquanto uma zona opera com a separação de paletes, a outra pode estar a trabalhar com caixas. Esta organização tende a ser mais produtiva do que o *picking* anterior, uma vez que viabiliza um menor deslocamento dos operadores. A desvantagem é o balanceamento da carga de trabalho entre as diferentes zonas (Lima, 2009).

#### 2.2.2.3. *Picking* por Lote

O funcionamento deste método é diferente dos dois métodos anteriores. Aqui, cada operador depara-se com um certo número de pedidos de forma conjunta, e não com um só pedido.

Ao preparar as respetivas encomendas, o operador dirige-se ao local de armazenamento de um determinado produto e recolhe o número de itens desse produto que satisfaça todas as encomendas que este estiver a preparar. Assim, se se estiver a preparar dez pedidos, e se o item A se encontrar em apenas sete, o operador vai ao local onde se encontra armazenado esse produto e vai recolher, de uma só vez, todos os artigos A que façam parte das respetivas sete encomendas. O operador continua este processo passando para o artigo seguinte, até perfazer, na totalidade, os

dez pedidos. Este método apresenta uma alta produtividade quando os pedidos possuem pouca variedade de itens (até quatro itens) e são pequenos em termos de volume. A sua grande vantagem é minimizar o tempo de deslocação do operador, pois num único trajeto este consegue recolher um conjunto de pedidos, diminuindo-se o deslocamento médio por pedido. A desvantagem centra-se nos riscos de erros que possam existir na separação e na ordenação dos pedidos (Lima, 2009).

#### 2.2.2.4. *Picking por onda*

Neste método, cada operador é responsável por um tipo de artigo de cada vez e são agendados vários pedidos ao longo do turno. Assim, é permitida uma maior integração do *picking* com a área de expedição através da programação da hora de separação e de embarque de cada pedido (Rodrigues, 2008).

Lima (2009) afirma que os métodos apresentados anteriormente podem, na prática, ser combinados entre si. O *picking* por zona pode ser utilizado com o *picking* por lote, com o *picking* por onda, ou com ambos em simultâneo. A vantagem destas combinações possibilita um aumento da produtividade, apresentando como desvantagem uma maior exigência a nível do controlo.

### 2.3. Sistemas de *Picking*

Muitos armazéns optam por recorrer a sistemas de *picking*, para uma maior eficiência na recolha dos pedidos dos clientes. Porém, a grande maioria emprega seres humanos para essa seleção de pedidos. Na figura 7, encontra-se representada a classificação dos vários sistemas de *order picking*:

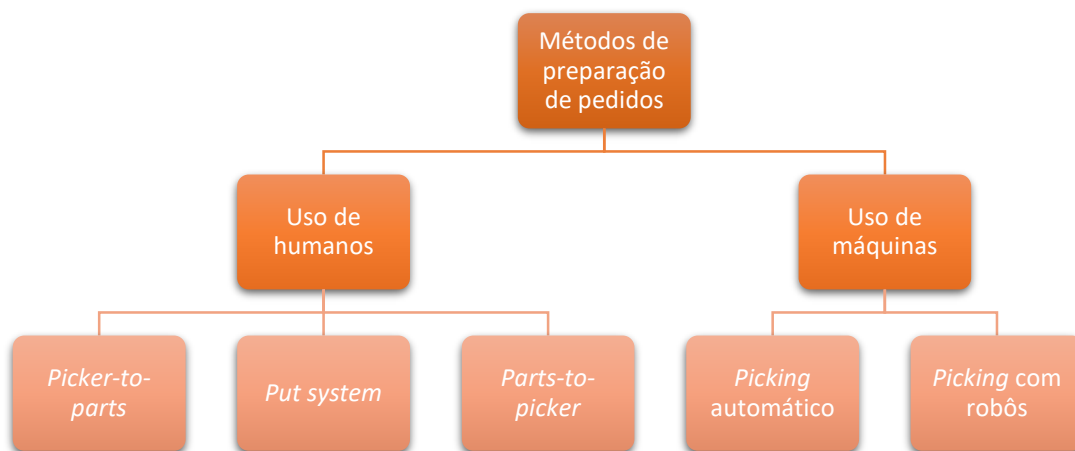


Figura 7 - Classificação de sistemas de preparação de pedidos: Fonte: De Koster, 2004, adaptado.

#### 2.3.1. *Picker-to-parts*

O sistema *picker-to-parts* é o sistema mais convencional, pois consiste na recolha dos artigos pelo responsável (*picker*), que percorre os corredores do armazém (a pé ou num veículo) de forma a satisfazer um pedido ou um lote de múltiplos pedidos, dependendo da política de *picking*.

Neste tipo de operações, a componente crítica está no tempo gasto em cada um dos percursos percorridos através dos corredores na procura dos itens.

Dentro deste sistema, diferenciam-se dois tipos de níveis: *picking* de baixo nível, quando o operário percorre os corredores na recolha dos itens nas suas respetivas quantidades e transporta uma caixa ou um carrinho de mão (*trolley*), e o *picking* de alto nível, que acontece quando o responsável se desloca pelos corredores com o recurso a equipamentos que param

automaticamente nas localizações indicadas para uma posterior recolha dos itens (Dallari, et al., 2009 e M. B. M. De Koster, 2008).

Dentro desta classificação de *picking*, existem várias estratégias que podem ser escolhidas segundo as características e conveniência da operação.

- *Pick by article ou Batch picking*

Esta estratégia de *picking* proporciona melhores resultados, quando num circuito são preparadas múltiplas ordens. Na última fase do respetivo circuito de preparação dos pedidos, os itens recolhidos são distribuídos por ordens individuais. Esta distribuição pode ser manual ou através de um equipamento automático (Dallari, et al., 2009).

- *Zoning*

O *picking* por zonas é também conhecido por *pick-and-box* e *pick-and-pass*. O seu modo de funcionamento implica uma divisão da área de *picking* em zonas, e a cada área é alocado um ou mais operadores de *picking*. Todas as zonas de *picking* são interligadas por um transportador que vai fazendo chegar uma caixa, para que os operadores de cada zona coloquem os respetivos itens da encomenda. Assim, as encomendas são sequencialmente preparadas zona por zona. A vantagem deste sistema incide na redução do tempo global de movimentação do operador. Por outro lado, os custos e a complexidade deste sistema de *picking* estão relacionados com o equilíbrio da carga de trabalho entre as várias zonas de *picking* (Dallari, et al., 2009). As zonas podem ser progressivas, onde os pedidos são preparados através das zonas, passando de uma para a outra de forma a completar o pedido, e podem ser sincronizadas, onde os pedidos são preparados em paralelo nas diferentes zonas, resultando num processo final de consolidação.

- *Pick by order*

O *pick by order* é adequado para ordens de grande dimensão. O responsável recolhe os itens pedidos para uma encomenda, isto num circuito da área de *picking*. Esta estratégia é apropriada quando uma encomenda preenche a capacidade da respetiva transportadora. Uma extensão desta ocorre quando mais do que uma ordem é recolhida por circuito, mas as ordens são acumuladas num contentor e separadas de alguma forma. No final do circuito, cada ordem é distribuída para a entrega (Dallari, et al., 2009).

### 2.3.2. *Parts-to-picker*

Os sistemas *parts-to-picker* diferenciam-se do sistema anterior no sentido em que os artigos a recolher são deslocados, de forma automatizada, até ao ponto de preparação das encomendas. Incluem sistemas automatizados de armazenamento e de recolha (AS- *Automated Storage / RS- Retrieval System*) recorrendo a gruas que estão ligados aos corredores e que recolhem uma ou mais cargas unitárias (sistemas *miniloads*) e que fazem o seu transporte para a zona de expedição. O responsável retira a quantidade pretendida de cada artigo correspondentes à ordem de cliente e, de seguida, a carga restante é novamente armazenada. Dentro deste sistema existem ainda os módulos verticais de elevação (VLM), ou os carrosséis (verticais ou horizontais) que também permitem ao responsável ter acesso às unidades correspondentes (M. B. M. De Koster, 2008). A vantagem deste sistema resulta na redução dos custos de recolha dos artigos no que respeita a horas de operação e ao espaço necessário. A desvantagem centra-se no elevado risco de criação de pontos de estrangulamento na alimentação dos pontos de recolha (Dallari, et al., 2009).

### 2.3.3. *Put system*

O *put system* é uma estratégia composta por duas etapas, uma de recolha e outra de distribuição. Esta estratégia encontra-se, na literatura, muitas vezes posicionada entre *picker-to-*

*parts* e *parts-to-picker*, porque a primeira etapa é realizada através de um destes métodos. Em primeiro lugar, o inventário deve ser recolhido, o que tanto pode ser feito no sistema *picker-to-part* como no sistema *parts-to-picker*. Em segundo lugar, o transporte dos itens até à zona de expedição para posterior distribuição pelos pedidos dos clientes acontece em ambos os sistemas. O recurso aos *put systems* é mais frequente no comércio eletrónico, por existir um maior número de casos em que ocorre um grande número de linhas de pedidos de clientes numa janela temporal muito curta. Como exemplo do afirmado anteriormente, podemos considerar o armazém da Amazon (M. B. M. De Koster, 2008). Nestas circunstâncias, origina-se um elevado número de preparação de pedidos por cada operário (numa média de 500 pedidos por hora), sendo que, nos últimos sistemas desenvolvidos, têm sido atingidos até 1000 pedidos por hora (De Koster, 2004).

#### 2.3.4. *Picking* automático e *picking* com robôs

Os sistemas de *picking* automatizados utilizam *robots* ou distribuidores automáticos para a recolha de artigos e para a preparação de encomendas. Este tipo de *picking* gera grande impacto quando existe um grande volume de produtos a ser recolhidos. A vantagem deste sistema é a de evidenciar maior produtividade, maior velocidade e precisão relativamente aos sistemas anteriormente descritos. Porém, os custos de aquisição e de manutenção da tecnologia inerente são elevados (Dallari, et al., 2009).

Na figura 8, encontra-se a esquematização das características dos sistemas *picking*:

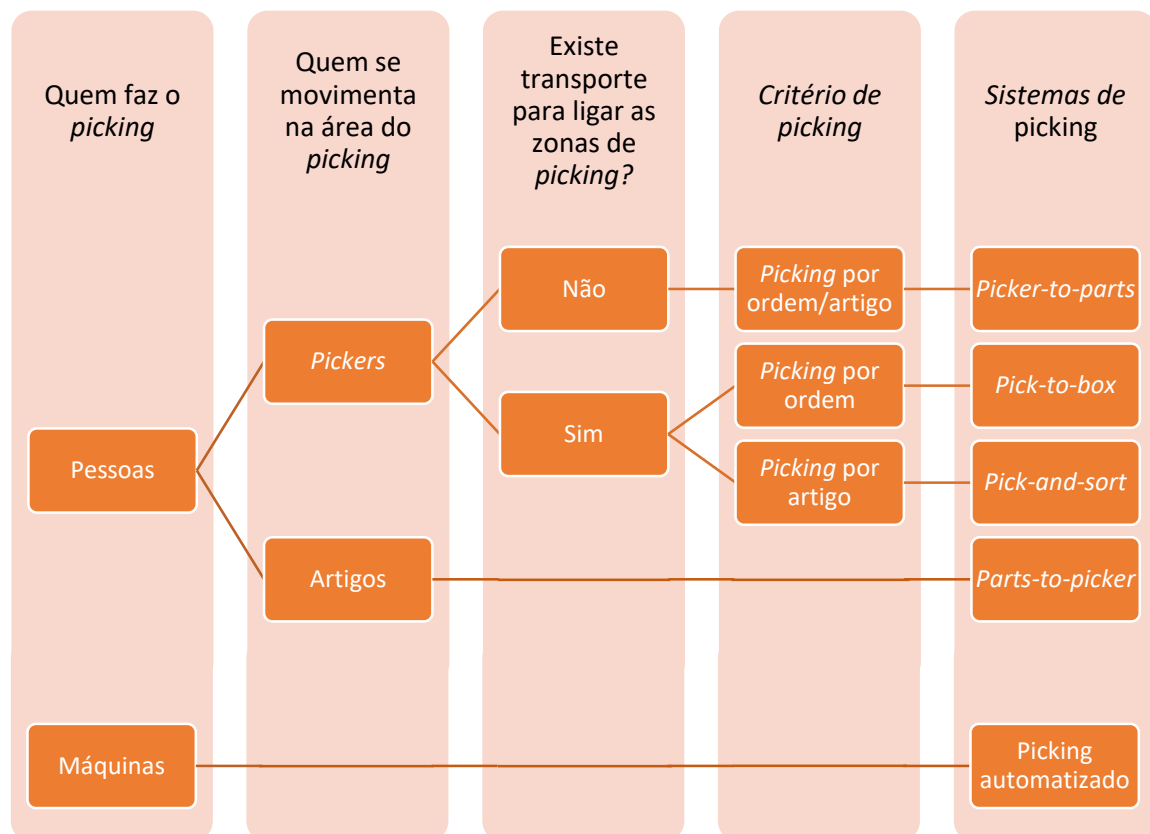


Figura 8 - Esquematização das características dos sistemas de *picking*. Fonte: Dallari, et al., 2009, adaptado.

#### 2.4. Otimização do *picking*

*“Order picking is one of the most important process steps in logistics. Due to their flexibility, human beings cannot be replaced by machines”* (Reif e Günthner, 2009).

Devido ao crescimento da concorrência, é fundamental que a empresa procure a melhoria contínua na conceção e nas operações das redes de distribuição de produção, o que, consequentemente, exigirá um maior desempenho dos armazéns.

A adoção de novas filosofias de gestão como *Just-In-Time* (JIT) ou *Lean Manufacturing* oferece à empresa um maior controlo de *stock*, menor tempo de resposta e uma elevada variedade de produtos.

Numa outra vertente, a implementação de novas tecnologias (TI) proporciona novas oportunidades para melhorar as operações de armazém. Exemplos dessas tecnologias são, entre outras: código de barras, comunicações por radiofrequências (RF) e sistemas de gestão de armazéns (WMS) (Gu Jinxiang e Goetschalckx Marc, 2007).

#### 2.4.1. Tecnologias

A redução de tempos é um objetivo que as empresas devem considerar prioritário, dado que apenas atingindo esta meta se consegue obter uma otimização do *picking*. Para tal, é necessário explorar uma área que ultrapassa o domínio convencional, o mesmo é considerar a tecnologia.

Existem três “tempos” que uma empresa deve reduzir, nomeadamente os tempos de movimentação do operador, os tempos de contagem e os tempos de procura de documentação.

As soluções tecnológicas de armazenamento referidas anteriormente, como *Carrousels*, *miniloads*, sistemas AS/RS (*Automatic Storage e Retrieval Systems*) e WMS são combinações de equipamentos e sistemas de controlo que se deslocam e armazenam os produtos com alta precisão e grande velocidade, dependendo do grau de automação. Estas soluções permitem reduzir não só os tempos de contagem mas também os tempos de movimentação do operador, uma vez que transportam produtos específicos, de forma autónoma, no momento da preparação de uma encomenda (Medeiros, 1999).

Para reduzir os tempos de procura na documentação, deve apostar-se na eliminação do recurso às listas e aos pedidos de encomendas em papel (Dukić, et al., 2010).

*“A lot of different techniques exist for order picking in warehouses. Conventionally, workers execute their orders with paper lists which are intuitive for human beings but laborious to handle”* (Reif e Günthner, 2009).

Segundo Dukić, et al. (2010) e Bragg (2004), a principal característica da utilização das tecnologias é a eliminação do uso do papel no apoio à recolha de pedidos, substituindo-se, desta forma, as listas impressas dos itens a recolher. Esta prática defende o conceito de *“green warehousing”*, porque visa a redução do uso de papel no armazém.

As tecnologias acima referidas designam-se leitores de código de barras por radiofrequência (*RF bar code scanning*), *Picking* por voz (*voice picking*), *Picking* por luz (*pick-to-light* e *put-to-light*) e *pick-by-vision*. Para que se verifique uma otimização do fluxo de informação nas organizações, de maneira a adquirirem vantagem competitiva (Tompkins et al., 2003), é fulcral a eliminação da documentação em papel pois qualquer documento em papel, na atividade de *picking*, implica um maior consumo de tempo e pode originar erros.

- **Leitores de código de barras por radiofrequência (*RF bar code scanning*)**

O sistema de código de barras consiste na utilização de um equipamento que faça a recolha dos dados pretendidos para a sua utilização e consiga transferi-los de forma imediata para o “computador”. Essa transferência deve ser adequada ao tipo de utilização pretendida, desde a passagem da informação para um ficheiro de leitura que apenas permita a visualização dos dados recolhidos pelo leitor de código de barras, até à integração total da informação recolhida pelo leitor

de código de barras com o *ERP-Enterprise Resource Planning* de uma organização (Hong-ying e Sun, 2009).

Os leitores de código de barras por radiofrequência concentram-se na leitura do código de barras de todos os artigos. Através de uma rede de radiofrequência (uma *WMS-Warehouse Management System*) ou sinal *wireless* instalada na empresa, e com recurso a um aparelho para efetuar a leitura dos respetivos códigos de barras, todos os artigos que forem “lidos” são inseridos ou retirados automaticamente do sistema, dependendo da atividade.

- **Picking por voz (*voice picking*)**

À semelhança dos leitores de código de barras, o *Picking* por voz funciona a partir de uma rede de radiofrequência (WMS) ou sinal *wireless*. No entanto, este sistema integra um dispositivo auricular com microfone ligado a um processador de mãos livres, que é colocado na cintura do operador. O dispositivo comunica em tempo real com o computador por meio de radiofrequência. O computador comunica as listas de pedido ao dispositivo, que transforma os dados recebidos em sinal de som. O operador responde ao dispositivo pelo microfone, enviando novamente informação ao computador e transformando novamente o sinal de voz em informação eletrónica (Bragg, 2004).

- **Picking por luz (*pick-to-light*)**

No sistema *Picking* por luz, são montados sensores de luz no local de cada produto do armazém. Estes sensores encontram-se ligados ao módulo informático do sistema *picking*, que, por sua vez, também contém uma luz, no sentido de avisar ao operador que existe uma recolha de um produto para uma encomenda (Bragg, 2004).

- **Picking por luz (*put-to-light*)**

O sistema *put-to-light* é uma variante do Sistema *pick-to-light*. A diferença é que, enquanto no segundo sistema os sinais são afixados juntamente com os produtos, no *put-to-light* os sinais são instalados em zonas específicas, próximas da zona de preparação das encomendas, e os produtos é que se vão movimentar até essa mesma localização.

A Figura 9 representa as características destas tecnologias no que diz respeito à precisão e à produtividade, se comparadas com a utilização das folhas de papel na recolha dos pedidos. Esta análise é interessante, sobretudo do ponto de vista ecológico.

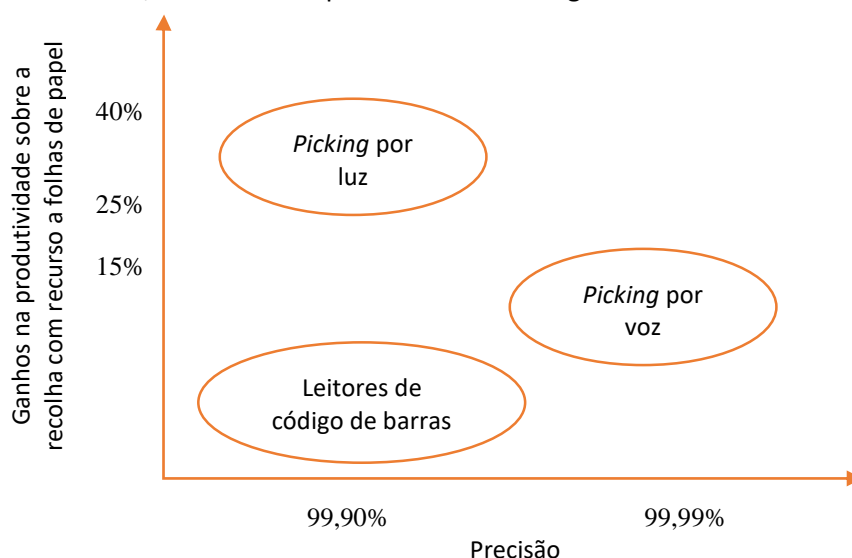


Figura 9 - Comparação das tecnologias de *order-picking*. Fonte: Dukić, et al., 2010 adaptado.



- **Sistema *pick-by-vision***

O sistema *pick-by-vision* constitui um dos sistemas mais recentes (Dukić et al., 2010). O operador utiliza uns óculos especiais, que lhe vão permitir visualizar todos os dados no seu campo de visão de uma forma direta. Desta forma, as indicações são fornecidas por meio dos respetivos óculos.

- **Identificação por radiofrequência (RFID)**

Prince e Harrison (2013) e Turri, et al., (2017) abordam outra tecnologia que tem vindo a ser muito utilizada pela sociedade nos dias de hoje nos mais variados contextos, como é exemplo a colocação da Via Verde nas autoestradas. Referimo-nos à tecnologia RFID.

A identificação por radiofrequência é uma tecnologia sem fios que utiliza um *chip*, por vezes muito pequeno, ligado a uma antena. O *chip* e a antena formam a "*tag*", a qual pode ser colocada em vários objetos. Faz-se recurso a um leitor para recolher as informações que se encontram armazenadas no *chip* (Turri, et al., 2017).

#### 2.4.2. Problema do caixeiro viajante (*TSP- Travelling Salesman Problem*)

Existem vários métodos, já aplicados em contexto prático, que permitem definir rotas, de forma a minimizar o tempo de deslocação dos operadores que preparam os pedidos de encomendas. Tais métodos variam desde o nível mais simples até a um nível ligeiramente complexo, e o respetivo desempenho depende das condições operacionais específicas do sistema em estudo, levando em conta a sua definição (Dukic, 2016).

A programação linear tem como finalidade maximizar ou minimizar um determinado objetivo (lucros, custos, distâncias) para situações reais. Segundo pesquisas feitas em empresas que utilizam esta ferramenta, as mesmas conseguem atingir uma redução de custos entre 1% e 5%, existindo casos que chegam até aos 15% (Scalabrin, et al., 2006).

Um dos modelos mais tradicionais de programação linear designa-se por problema do caixeiro viajante, ou, em inglês, *Travelling Salesman Problem (TSP)*. Este modelo matemático consiste em estabelecer uma rota que visite todos os nós de um grafo uma única vez, retornando ao nó inicial no final do percurso, de modo a que a distância total percorrida seja mínima. Este ciclo é conhecido como o ciclo *hamiltoniano* (Benevides, et al., 2012).

Um grafo  $(G(N, A))$  descreve-se como um conjunto de arcos ( $A$ ) e um conjunto de nós ( $N$ ), sendo que  $|N| = n$ , representam os pontos a visitar, e os arcos indicam a distância à qual se encontram dois nós. Segundo Benevides, et al., (2012), se se admitir que custos ou distâncias mínimas entre os nós da rede são dados pela matriz  $C=[c_{ij}]$  (uma matriz simétrica), isto é, considera que  $c_{ij} = c_{ji}$ , assumindo que  $c_{ij} = +\infty, \forall i \in N$ , e considerando a matriz  $X=[x_{ij}]$ , das variáveis de decisão do problema, onde  $x_{ij} = \begin{cases} 1, & \text{se o arco for } a_{ij} \in \text{rota} \\ 0, & \text{se o arco } a_{ij} \notin \text{rota} \end{cases}$  segue-se a seguinte formulação de programação linear inteira:

$$\begin{aligned} &\text{Minimizar } \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n c_{ij} x_{ij} \\ &\text{s.a. } \sum_{i=1}^n x_{ij} = 1 \quad (j=1,2,\dots,n) \\ &\quad \sum_{j=1}^n x_{ij} = 1 \quad (i=1,2,\dots,n) \\ &\quad X = (x_{ij}) \in S \\ &\quad x_{ij} = 0 \text{ ou } x_{ij} = 1 \quad (i, j = 1,2,\dots,n) \end{aligned}$$

Os dois primeiros grupos de restrições garantem que exatamente um arco  $(i, j)$  sai de cada nó da rota e exatamente um arco  $(i, j)$  é direcionado para cada nó  $j$  da rota. A penúltima restrição contém um conjunto  $S$ , que pode ser qualquer conjunto de restrições que impeça



formação de subrotas (Benevides, et al., 2012).

*“The classical traveling salesman problem (TSP) is to find the shortest tour through a set of points and back to the start; it is named after the situation of a traveling salesman who needs to visit a set of cities and then return home. (...) We refer to this setting of TSP, with the objective of minimizing total completion time, as TSP Race. The statement of TSP Race is as follows: Given an instance of TSP, finish visiting all nodes and return to the start as soon as possible.”* (Çavdar e Sokol, 2015)

A utilização do Problema do Caixeiro Viajante, quando aplicado na atividade de recolha de pedidos num armazém, oferece melhorias de desempenho que podem chegar ao 47%, em comparação com outras heurísticas existentes (*S-shape*; *Return*; *Midpoint*; *Largest Gap*; *Composite/Combined* e *Optimal*). Para conseguir desenvolver uma heurística para um determinado caso de estudo, é necessário atribuir locais de armazenamento para todos os artigos (Theys, et al., 2010).

Dos algoritmos existentes, não há nenhum que responda eficientemente a armazéns que se caracterizem por ter três ou mais blocos de estantes divididas por dois ou mais corredores. Logo, é necessário adaptar o modelo matemático segundo uma série de restrições: deve existir um único local onde o operador comece e termine a operação (designado por zona de expedição), o qual deve estar posicionado na zona onde se efetue a expedição das encomendas; num segundo ponto, deve considerar-se que o operador caminha sobre os eixos retos (verticais e horizontais), isto para calcular o caminho mais curto entre duas posições de recolha (incluindo a zona de expedição), designando-se este método de distâncias por *Manatthan* (Theys, et al., 2010). Posteriormente, deve proceder-se ao levantamento dos cálculos entre os diversos pontos de recolha no armazém.

Por fim, supõe-se que o operador tem capacidade para recolher todos os itens de uma encomenda num único trajeto (com auxílio de um carrinho de apoio, por exemplo). O resultado deste procedimento é uma matriz simétrica de distâncias, que serve como entrada para o modelo matemático TSP (Theys, et al., 2010).

Para automatizar este modelo, existe um suplemento do *Excel*, designado *solver*, que permite agilizar os cálculos integrantes do modelo.

Segundo os autores Gomes, et al., (2011), devido à facilidade de inserção do modelo matemático, a utilização do *solver* pode ser aplicável a este tipo de problemas.

O *solver* permite encontrar um valor ideal numa célula do *Excel*, segundo uma fórmula previamente definida, designada por célula da função objetiva. Este suplemento do *Excel* trabalha com um conjunto de células que estão relacionadas com a célula da função objetiva, direta e indiretamente. O *solver* ajusta os valores nas células que o utilizador definir como células das variáveis, de forma a atingir o resultado especificado na célula da função objetiva. Pode-se aplicar várias restrições que sejam características de um determinado problema. Por sua vez, o *solver* irá refletir no resultado final essas mesmas restrições, obtendo-se, desta forma, um resultado otimizado (Gomes Júnior e Freitas Souza, 2004).

## Capítulo 3 - Caso de estudo

O capítulo organiza-se em dois pontos: apresentação do caso de estudo e proposta para uma solução.

No primeiro ponto, é feita a apresentação da empresa, a caracterização do armazém e a descrição de aspetos problemáticos.

O segundo ponto consiste na análise e na proposta para uma solução, com a explicitação das diversas fases do processo em estudo: levantamento das medidas, aplicação do diagrama de esparguete, aplicação da análise ABC, codificação dos artigos, aplicação do modelo matemático, uso de tecnologia e proposta final.

### 3.1. Apresentação do caso de estudo

#### 3.1.1. Apresentação da empresa

O cronograma da figura 10, permite resumir a história que deu origem à empresa PRILUX - Estufas e Rega Agrícola LDA.

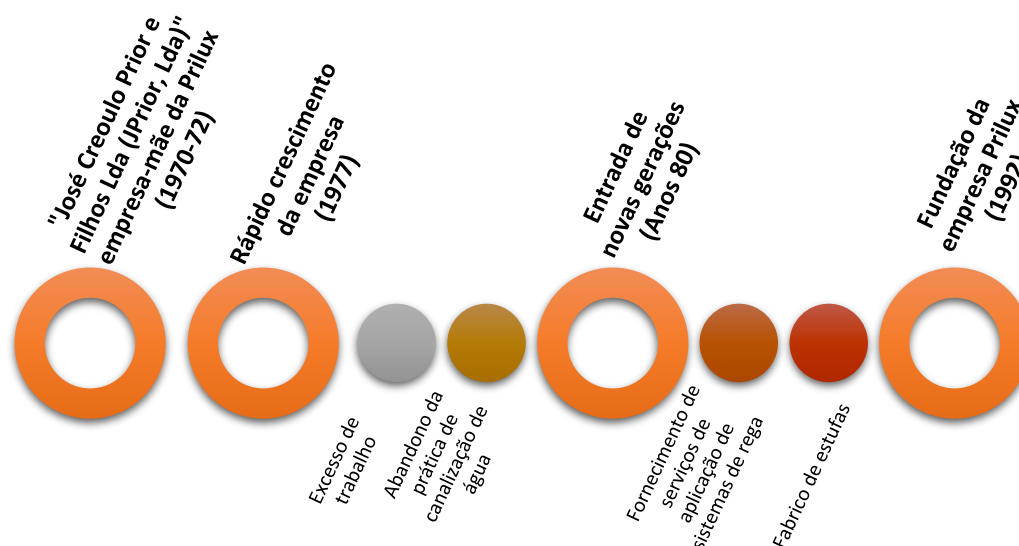


Figura 10 - Cronograma da história que antecedeu a fundação da PRILUX- Estufas e Rega Agrícola LDA

A PRILUX - Estufas e Rega Agrícola LDA, atualmente uma PME, centra-se no fabrico, comercialização, distribuição e instalação de produtos e equipamentos, como estufas metálicas, sistemas de rega/fertirrega, estruturas para retenção de água e outros componentes metálicos, para uso comercial e/ou agrícola, para espaços de desporto e lazer, ou para centros de pesquisa/educação. Uma outra atividade a que a empresa se dedica é à importação e à exportação, desenvolvendo, paralelamente, parcerias com empresas de implantação ao nível mundial (Europa, América do Sul e África). A mesma empresa dedica-se, igualmente, ao setor da construção. A empresa em questão possui um espaço destinado à venda de todos os seus produtos, dispondo de dois armazéns de apoio àquele espaço. Os armazéns encontram-se diretamente ligados ao departamento comercial, pois é aqui que ocorrem todas as operações de compra e de expedição

de material. Existe ainda um terceiro armazém, dedicado à produção, e um espaço dedicado ao desenvolvimento do produto.

### 3.1.2. Caracterização do armazém

O espaço em estudo não armazena matéria-prima e abriga muito pouco produto final. Caracteriza-se, antes de mais, por praticar a receção do material e a sua expedição.

O armazém possui um piso e 4 mezaninos, 5 corredores paralelos às estantes e dois corredores transversais a estas, conforme se pode verificar nas Figuras 12 e 13.

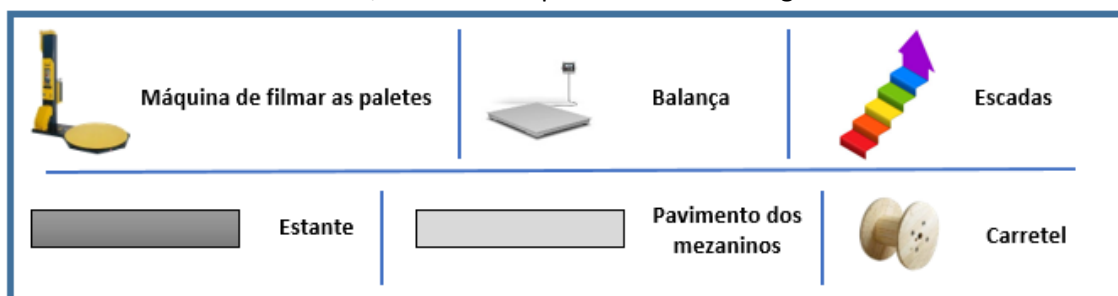


Figura 11 - Caraterização dos elementos das figuras seguintes. Elaboração própria.

Como se pode verificar na Figura 12, o armazém apresenta um *layout* em U (secção 2.1.3, fig. 4), uma vez que a expedição e a receção de todo o material são realizadas na entrada que se encontra mais próxima da balança. Inicialmente, a receção do material era efetuada na entrada, à direita do escritório. Porém, os problemas de espaço fizeram com que o material passasse a ser armazenado junto dessa entrada, provocando a sua obstrução.

A entrada ao fundo do armazém destina-se à ligação deste com as restantes instalações da empresa, e a uma outra função, que é o carregamento de contentores. Desse lado do armazém existe um cais, que serve para auxiliar nessa tarefa.

A razão pela qual o cais se situa entre o armazém e as restantes instalações da empresa deve-se ao facto de, na maioria das vezes, o material que vai nos contentores provir parcialmente da serralharia (uma atividade da empresa). Nenhum produto acabado é acondicionado no armazém em estudo.

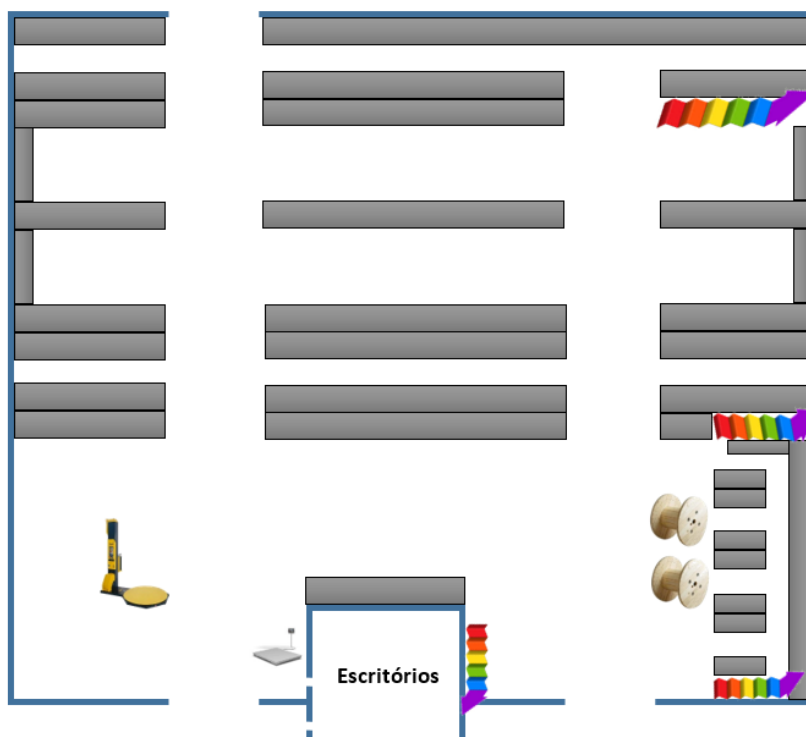


Figura 12 - *Layout* do armazém em estudo (1º piso). Elaboração própria.

A Figura 13 representa os quatro mezaninos industriais de que o armazém dispõe. Um mezanino é uma plataforma geralmente desmontável, que permite o movimento de pessoas e/ou equipamentos tanto na parte inferior, como na parte superior do armazém. Para aceder a esta plataforma, recorre-se a uma escada fixa, situada quase sempre no interior do edifício. Têm como função albergar material aproveitando a parte de cima do espaço.

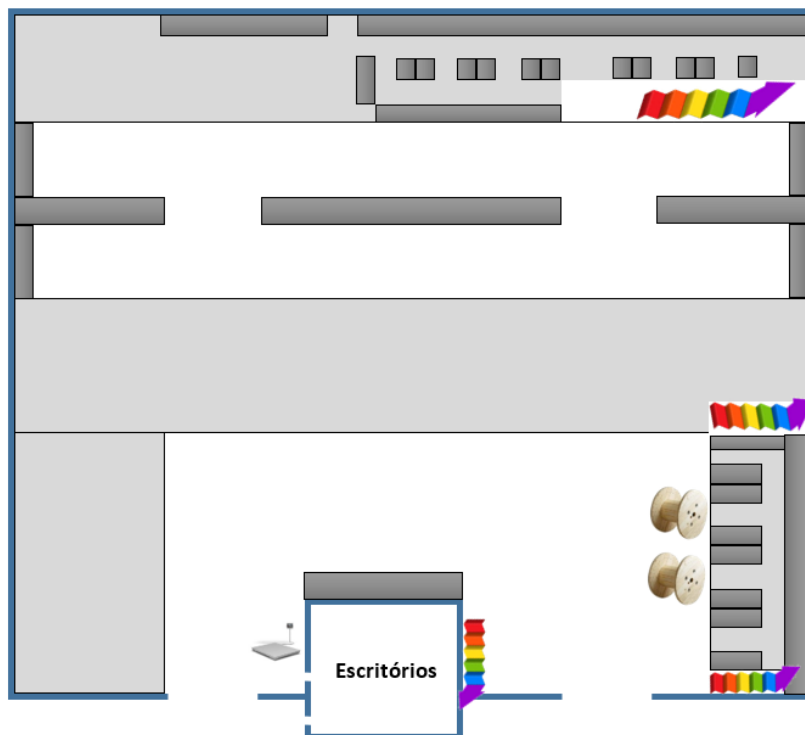


Figura 13 - *Layout* que apresenta os 4 mezaninos. Elaboração própria.

No canto inferior direito da Figura 14, encontra-se representado um pequeno espaço com 5 corredores paralelos às estantes e um corredor principal. Sobre este espaço, encontra-se um dos mezaninos em que o desenho dos corredores coincide com a descrição do primeiro piso anteriormente apresentada.

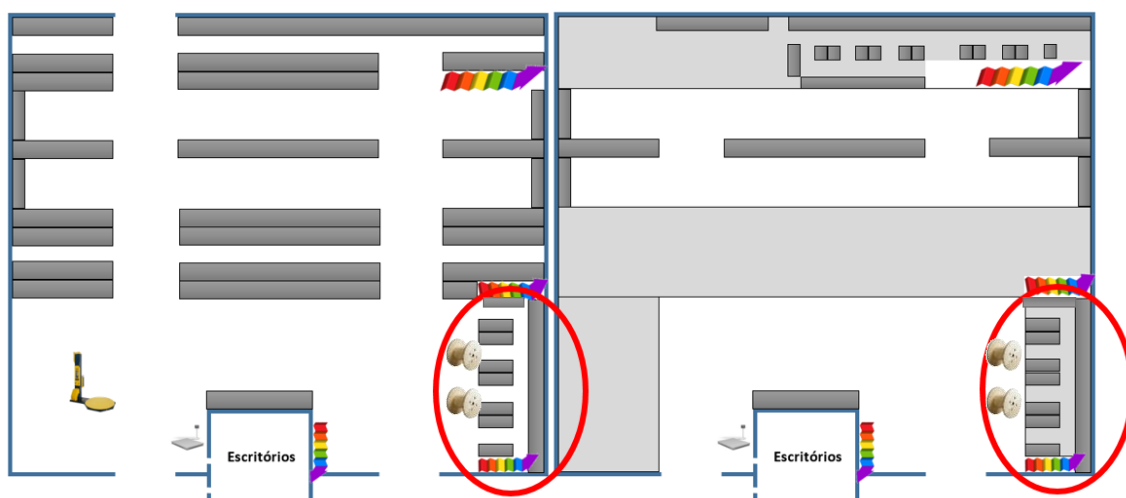


Figura 14 - Representação do mezanino 1. Elaboração própria.

O segundo mezanino (Figura 15) encontra-se sobre as duas primeiras filas de estantes e sobre o primeiro corredor do piso 1. Este espaço é amplo devido ao tipo material que lá é armazenado.



Figura 15 - Representação do mezanino 2. Elaboração própria.

O terceiro mezanino situa-se ao fundo do armazém (Figura 16), sobre as últimas duas filas de estantes e um último corredor do piso 1. Aqui existem várias estantes.

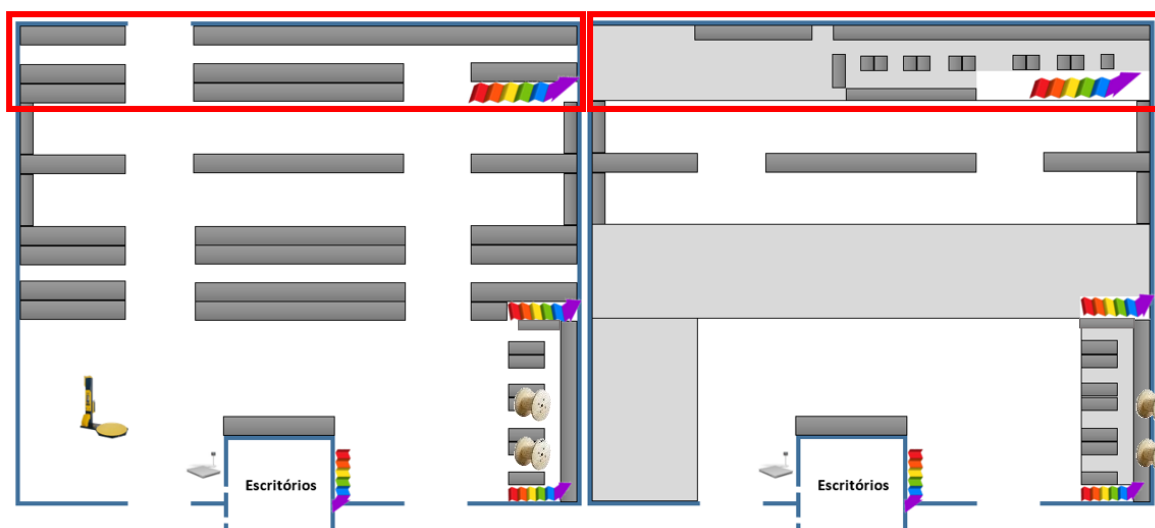


Figura 16 - Representação do mezanino 3. Elaboração própria.

O quarto mezanino situa-se no canto inferior esquerdo da Figura 17; por baixo deste, existe um espaço amplo; no próprio mezanino, o espaço é igualmente amplo.

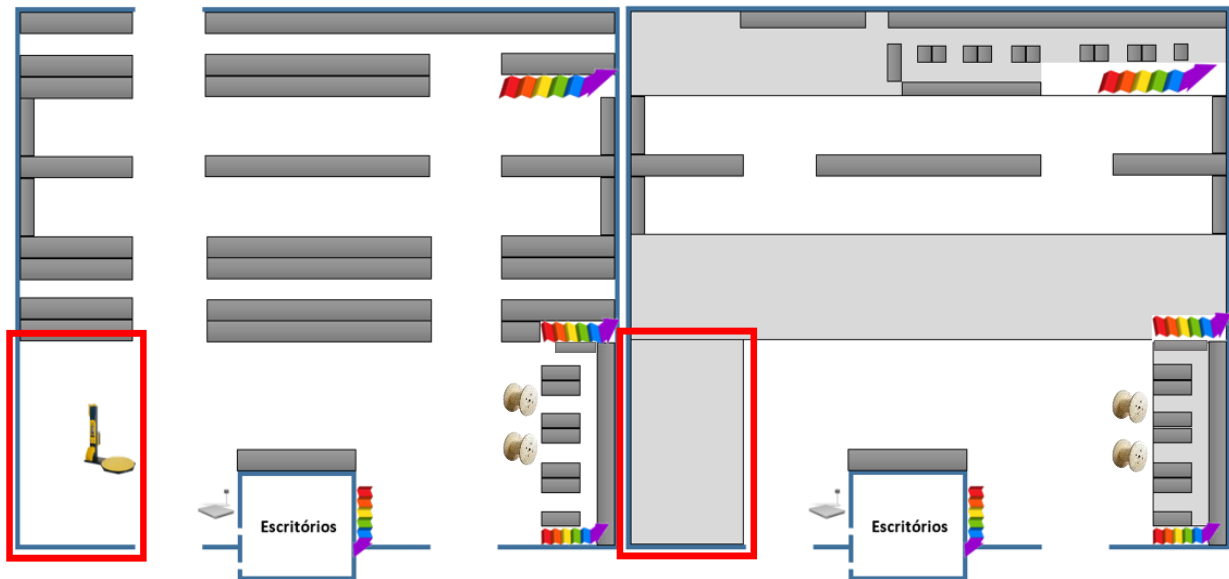


Figura 17 - Representação do mezanino 4. Elaboração própria.

### 3.1.3. Descrição do problema

Tendo em conta o objetivo do projeto a que reporta o presente trabalho, os problemas detetados no espaço do armazém foram:

- Falta de espaço para a arrumar o material, nomeadamente itens de grandes dimensões e material em paletes;
- Apesar da existência de um sistema de etiquetas para a localização dos produtos, este não se encontra atualizado e não foi aplicado a todos os artigos do armazém. O que leva a uma situação que não é intuitiva para alguém que se confronte com esse mesmo sistema pela primeira vez;
- O *picking* praticado pelo operador não é organizado nem pensado, dando origem a que este percorra grandes distâncias durante o seu dia de trabalho;
- Os *stocks* apresentados pelo ERP não coincidem com os *stocks* reais;
- Não existe um painel de ferramentas para a arrumação dos vários utensílios de trabalho, o que origina perdas de tempo à procura das mesmas;
- Ausência de marcas de delimitação: dos espaços de receção e de expedição de material; das estantes; dos corredores para passagem de peões e de maquinaria.

Além dos pontos apresentados, verifica-se, com alguma frequência, a seguinte situação, relativa ao carregamento de contentores destinados à exportação: o material proveniente dos fornecedores fica alojado entre os corredores do armazém até à data do seu carregamento no contentor, provocando dificuldades no acesso a certos artigos colocados no espaço de armazenamento. Desta forma, o *picking* é feito pelo percurso com distâncias maiores e através de uma maior utilização de recursos (empilhadores, porta-paletes), o que poderia ser evitado.

Surge, portanto, a necessidade de criação de espaços mais amplos, dedicados à preparação de contentores, para que os corredores do armazém exerçam a sua função e não se tornem zonas de armazenamento provisório.

### 3.2. Estudo e apresentação de uma solução

#### 3.2.1. Levantamento das medidas do armazém

Antes iniciar a aplicação da metodologia proposta na secção 1.3, procedeu-se ao levantamento das medidas do armazém. Quando foi pedida a planta do mesmo, não foi possível encontrá-la, uma vez que o armazém em estudo é a instalação mais antiga da empresa.

As medições foram executadas com o auxílio de uma fita métrica e de uma roda de medição. Através destes dois instrumentos, foram medidos os corredores e as estantes do armazém, o que possibilitou desenhar o *layout* atual.

O resultado obtido encontra-se descrito nas figuras seguintes:

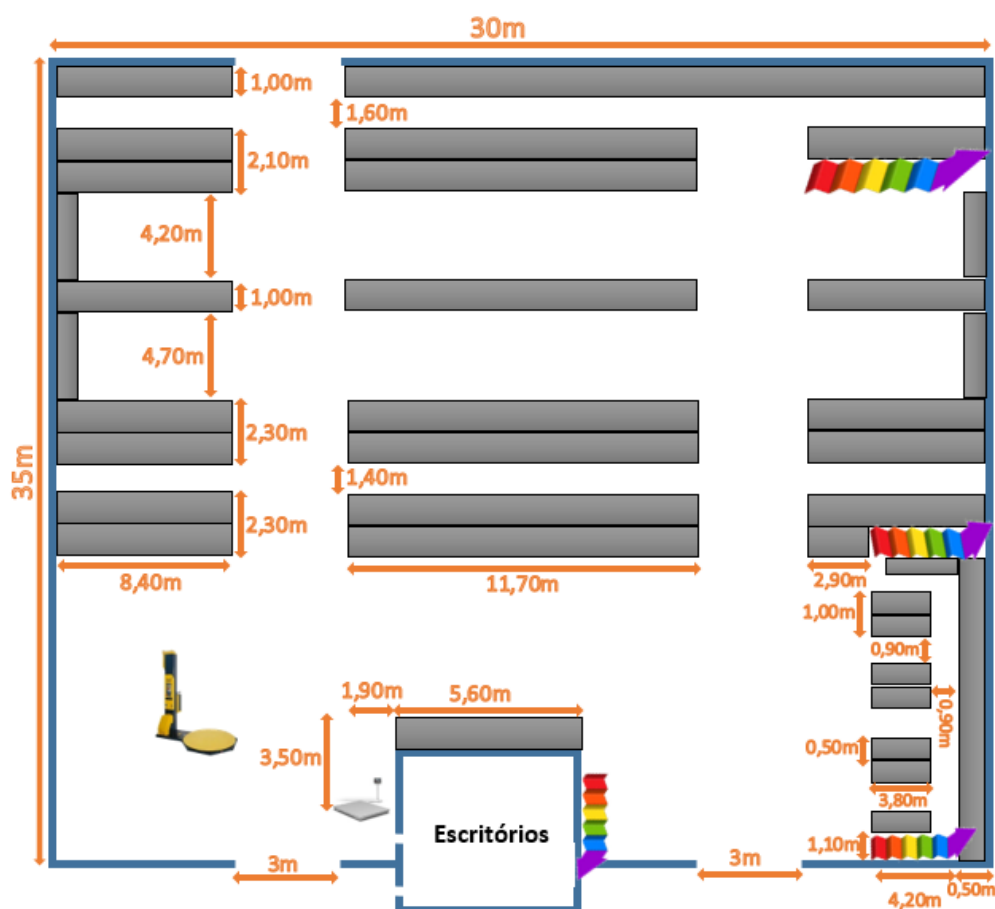


Figura 18 - *Layout* do armazém com as respetivas medidas. Elaboração própria.

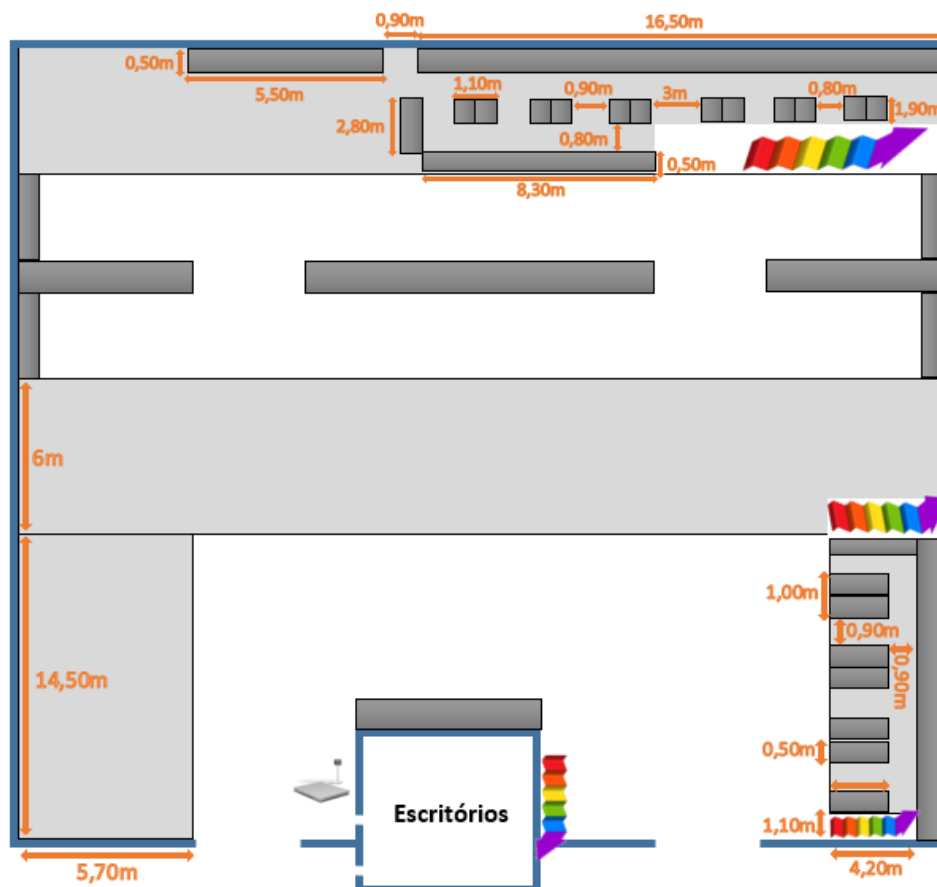


Figura 19 - Mezaninos do armazém com as respectivas medidas. Elaboração própria.

### 3.2.2. Diagrama de esparguete

Com o objetivo de estudar o *picking* praticado pelos operadores, foram elaborados vários diagramas de esparguete, que ajudaram a perceber o comportamento dos operadores e a verificar quais os pontos a melhorar.

Enquanto o respetivo operador elaborava uma encomenda, foram medidos os tempos com um cronómetro e as distâncias com recurso à roda de medição. Foram também anotados quais os recursos necessários para a conclusão da encomenda (empilhadores, porta-paletes, escadas fixas ou portáteis).

Aquando do momento das medições, recorreu-se, igualmente, à nota de encomenda e ao *layout* do armazém. Desta forma, foi possível anotar com precisão o local de recolha do item e o nome do artigo. A partir da consulta da folha da nota de encomenda e através de troca de informação com o funcionário, verificou-se que não existia uma sequência a seguir para a prática do *picking*. Este decorria com base na experiência do operador, que definia qual o artigo a recolher, e o fazia de forma espontânea. Os dados obtidos foram considerados suficientes para construir um diagrama de esparguete.

Segundo a literatura (secção 2.2.1.), esta ferramenta permite recolher informação sobre o processo em estudo, com vista a detetar atividades que não agregam valor, de forma a serem eliminadas.

Para a medição de tempos e de distâncias, a escolha do operador a realizar o *picking* foi efetuada de modo aleatório. Uma vez que cada funcionário da empresa dispõe de um telefone de trabalho, a atividade de *picking* sofreu frequentes interrupções para atendimento de chamadas,



situação que provocava perdas de tempo na recolha dos itens da encomenda. Sempre que tais interrupções ocorriam, o cronómetro era parado, sendo a contagem do tempo posteriormente retomada no momento do reinício da tarefa interrompida.

O estudo do presente capítulo baseou-se na análise de sete notas de encomenda escolhidas aleatoriamente. No anexo A, encontra-se apresentado a nota de encomenda da respetiva encomenda 2, como exemplo para as outras 6 notas de encomendas.

Tendo em conta toda esta descrição, e fazendo-se uso do *layout* desenhado no passo anterior, prosseguiu-se com o levantamento das distâncias e dos tempos de execução das respetivas notas de encomenda. As Figuras 20 e 21 dizem respeito aos diagramas de esparguete das encomendas 3 e 7, respetivamente, e exemplificam como foi aplicada esta ferramenta neste estudo. Os diagramas de esparguete concernentes a cada uma das restantes encomendas encontram-se no anexo B.

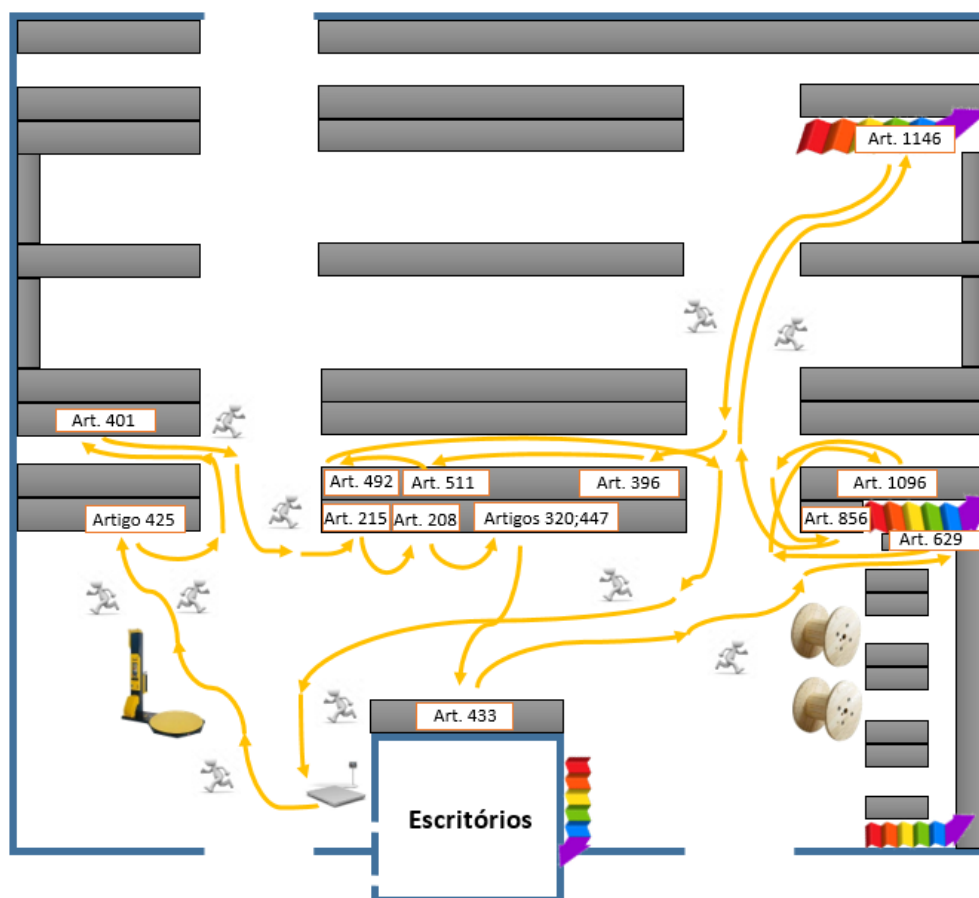


Figura 20 - Diagrama de esparguete da nota de encomenda 3, *picking* atual. Elaboração própria.

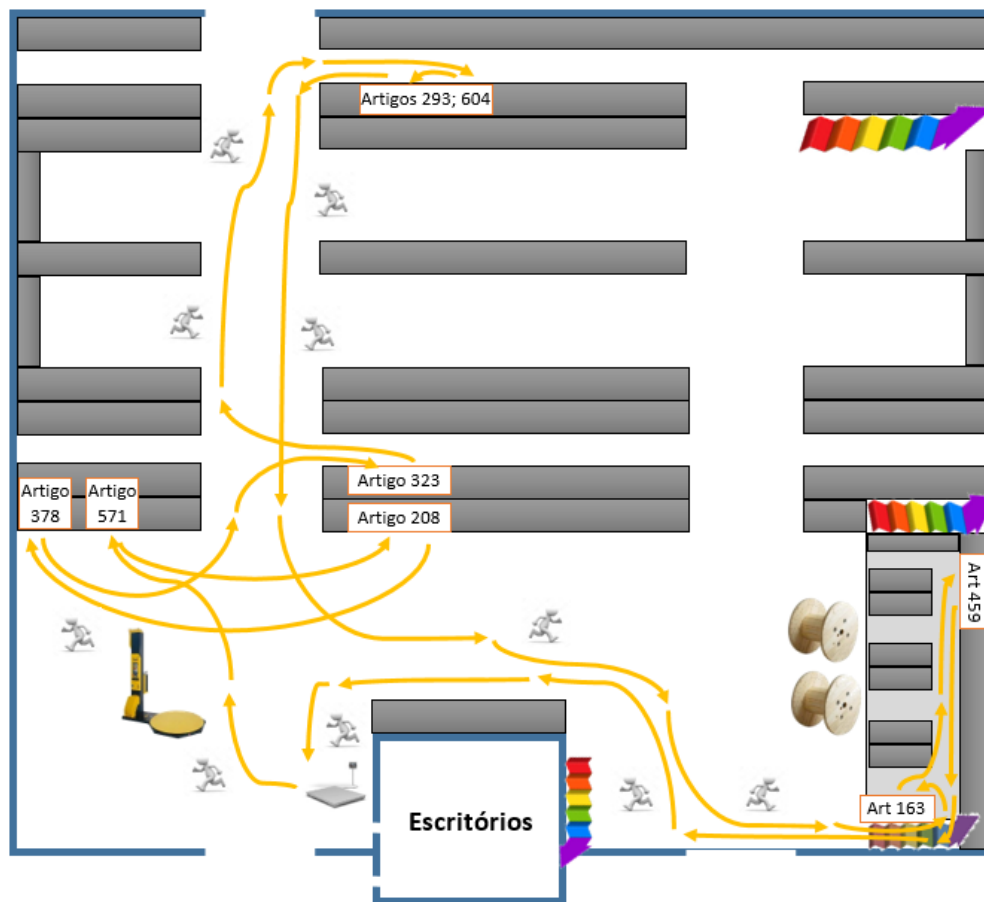


Figura 21 - Diagrama de esparguete da nota de encomenda 7, *picking* atual. Elaboração própria.

Quanto à encomenda 3, cujo diagrama de esparguete se encontra representado na Figura 20, verifica-se um fluxo de movimento muito confuso. Para concluir a preparação da encomenda, o operador percorreu uma distância de 205,60 metros e despendeu 13,14 minutos do seu tempo.

No que diz respeito à encomenda 7, cujo diagrama se encontra ilustrado pela Figura 21, é evidente que o percurso perfeito não foi planificado previamente. Por conseguinte, para a conclusão da encomenda foi necessário percorrer 172,85 metros e demorar 8,2 minutos.

Os dados referentes às distâncias e tempos das encomendas 3 e 7 encontram-se presentes na tabela 2. Esta tabela constitui o resumo do levantamento de dados do *picking*, para todas as encomendas, e encontra-se no anexo B os respetivos diagramas de esparguete.

Tabela 2 - Resultados dos 7 diagramas de esparguete. Elaboração própria. \* No anexo C, apresenta-se um excerto da lista dos artigos em estudo.

Nº do diagrama	Designação do artigo *	Recursos utilizados	Distância	Tempo
1	Artigo 5	Empilhadora; Porta-paletes; Escadas fixas.	146,35 m	12,48 min
	Artigo 12			
2	Artigo 50	Escadas portáteis.	107,45 m	7,13 min
	Artigo 175			
	Artigo 233			
	Artigo 484			
	Artigo 747			

3	Artigo 208	Porta-paletes; Escadas portáteis.	205,60 m	13,14 min
	Artigo 215			
	Artigo 320			
	Artigo 396			
	Artigo 401			
	Artigo 425			
	Artigo 433			
	Artigo 447			
	Artigo 492			
	Artigo 511			
	Artigo 629			
	Artigo 856			
	Artigo 1096			
	Artigo 1146			
4	Artigo 8	Escadas fixas.	105,75 m	7,7 min
	Artigo 19			
	Artigo 35			
	Artigo 44			
	Artigo 67			
	Artigo 81			
	Artigo 111			
	Artigo 232			
	Artigo 336			
5	Artigo 42	Escadas fixas.	127,01 m	6,07 min
	Artigo 49			
6	Artigo 25	Porta-paletes; Escadas fixas.	167,45 m	9,4 min
	Artigo 42			
	Artigo 104			
	Artigo 352			
	Artigo 439			
	Artigo 509			
	Artigo 722			
	Artigo 731			
	Artigo 763			
	Artigo 832			
7	Artigo 163		172,85 m	8,2 min
	Artigo 208			
	Artigo 293			
	Artigo 323			
	Artigo 378			
	Artigo 459			
	Artigo 571			
	Artigo 604			

### 3.2.3. Análise ABC

A utilização da ferramenta de análise ABC permite fazer o controlo e a gestão de *stocks* do armazém. Esta análise permite categorizar os produtos em A, B ou C, sendo o produto A o mais vendido, o produto B o que apresenta vendas intermédias, e o produto C o menos vendido (secção 2.1.2).

Num momento inicial da aplicação desta ferramenta, foi solicitada à empresa uma lista do volume de vendas entre abril e julho do ano 2017, que constituem os meses da época alta de vendas da empresa. A partir dos dados dessa lista, procedeu-se à análise das quantidades vendidas de cada produto; os valores referentes às quantidades de produtos vendidos foram agrupados por ordem decrescente e de seguida, cada valor foi convertido em percentagem, para possibilitar o cálculo das percentagens acumuladas.

Por fim, utilizou-se a regra dos 80/20, subjacente à análise ABC, que estabelece que 80% dos acontecimentos correspondem a 20% dos fatores, o que significa que, aplicando esta regra à situação em estudo, os produtos que se encontram dentro dos 80% da percentagem acumulada (calculada nesta lista) correspondem aos tais 20%. Estes artigos, por sua vez, foram categorizados como artigos do tipo A.

Para classificar os restantes produtos, há que ter em conta que os produtos do tipo B dizem respeito a 15% dos acontecimentos, correspondentes a 30% dos fatores, e que os produtos do tipo C dizem respeito a 5% dos acontecimentos, correspondentes a 50% dos fatores. Com base nesta informação, analisaram-se novamente os cálculos das percentagens acumuladas, e a, partir do último produto classificado como A, verificou-se quais os produtos que perfaziam um total de 15% (na percentagem acumulada), tendo sido categorizados como artigos do tipo B. Por último, concluiu-se que os restantes artigos correspondiam aos produtos do tipo C. Porém, calculou-se também a sua percentagem acumulada, para verificar que 5% da percentagem acumulada corresponde aos 50% dos produtos (sendo estes os menos vendidos).

Assim, a lista de artigos solicitada à empresa e as respetivas quantidades vendidas encontram-se no anexo C, porém, devido à elevada dimensão dessa lista, é apresentado um excerto da mesma no respetivo anexo.

Segundo o estado de arte (capítulo 2.1.2), foi então aplicada a regra dos 80/20 à lista em estudo, categorizando os itens da mesma em A, B ou C. O resultado desta classificação encontra-se no anexo C, nas duas últimas colunas da tabela.

O gráfico de Pareto aplicado à lista anterior (anexo D) permite perceber, visualmente, o impacto da análise nos artigos em estudo. Porém, é de notar que apenas se encontram representados no gráfico do artigo 1 até ao artigo 300, num total de 1298 artigos. O motivo para esta situação deve-se à extensão em que resultaria um gráfico respeitante à totalidade dos artigos, que dificultaria a perceção do impacto que se pretende mostrar. Todos os artigos que não estão apresentados no gráfico (ou seja, do artigo 301 ao artigo 1298) são categorizados como artigos do tipo C.

Uma vez definidos os locais de todos os artigos, recorreu-se de novo à ferramenta diagrama de esparguete, para simular os percursos das encomendas inicialmente recolhidas para o estudo do *picking* atual, mas, agora, com base na nova disposição dos produtos do armazém.

As Figuras 22 e 23 apresentam o resultado obtido para a encomenda 3, sendo que a segunda é uma continuação da primeira. As duas figuras devem ser lidas de forma sequencial, para reconstituir o percurso que o operador efetuou na preparação da encomenda 3. Houve recurso a figuras distintas para ilustrar o processamento da mesma encomenda, uma vez que alguns artigos da nota de encomenda, foram recolocados nos mezaninos 1 e 3, após a análise ABC. A Figura 24 apresenta o resultado obtido para a encomenda 7.

O resultado da aplicação do diagrama de esparguete às restantes encomendas encontra-se no anexo F.

Passando a analisar com maior detalhe as Figuras 22 e 23, no seu conjunto, deve salientar-se que ambas levam em linha de conta a aplicação da ferramenta referida anteriormente, conjugada com a análise ABC.

Quanto aos resultados obtidos, o primeiro que pode ser indicado é uma maior distribuição dos artigos da encomenda em todo o espaço do armazém, o que contrasta com a Figura 20 (*picking* atual da encomenda 3), que ilustra uma concentração de itens apenas no primeiro piso do armazém.

Outro resultado diz respeito à distância percorrida e ao tempo de execução da encomenda, de 160,55 metros e 10,33 minutos, respetivamente. Quando comparados com o resultado inicial, obtido na tabela 2 no “nº de diagrama” 3, verifica-se valores satisfatórios para esta segunda situação. Neste caso, a aplicação da análise ABC favoreceu o objetivo principal, que, a recordar, é diminuir as distâncias e os tempos de *picking* que atualmente se praticam no armazém em estudo.

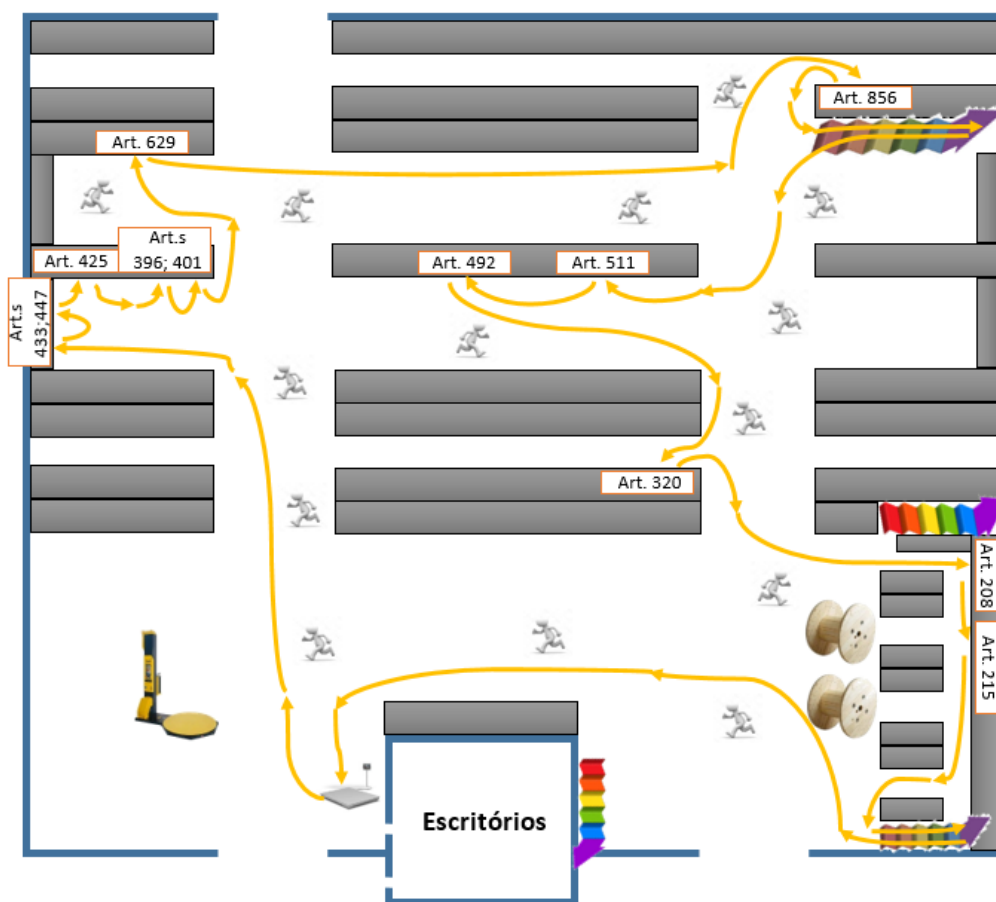


Figura 22 - Diagrama de esparguete da nota de encomenda 3, após nova disposição dos artigos. Elaboração própria.

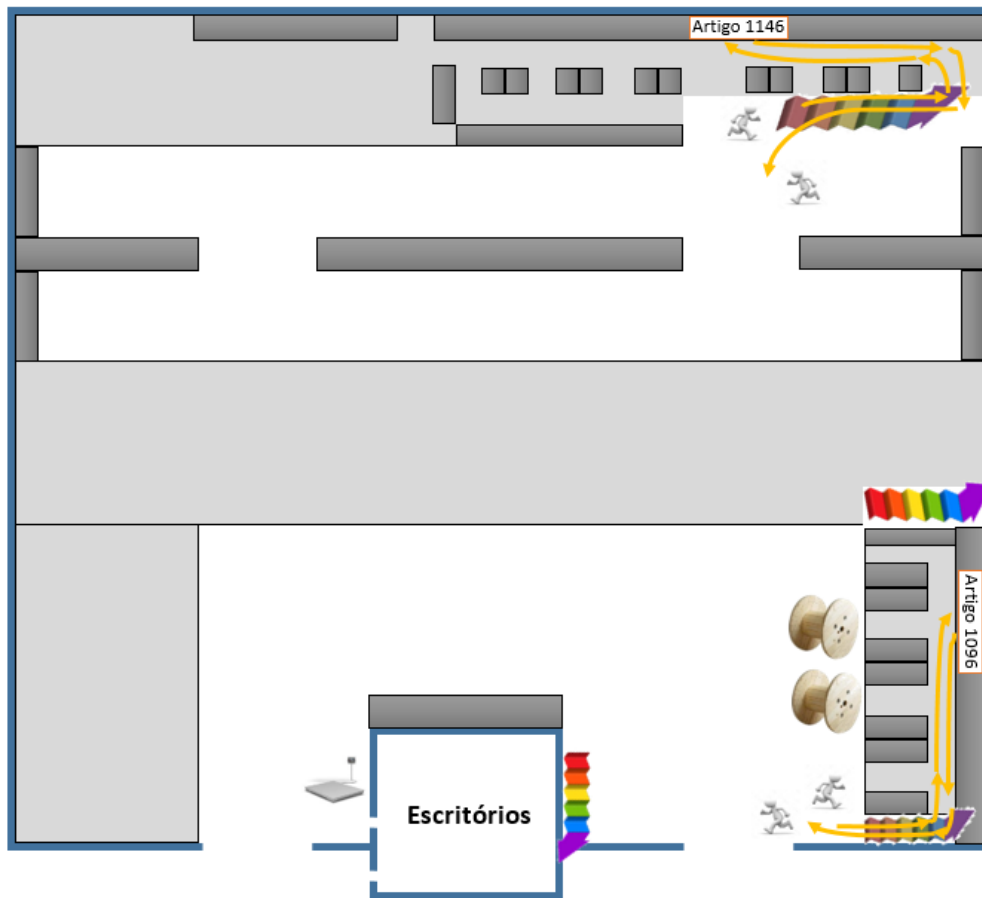


Figura 23 - Continuação do diagrama de esparguete da nota de encomenda 3, após nova disposição dos artigos. Elaboração própria.

A Figura 24 representa, novamente, o processamento de uma encomenda (encomenda 7), de forma a exemplificar a aplicação do diagrama de esparguete após a aplicação da ferramenta análise ABC sobre os artigos do armazém. Ao contrário da situação anterior, a comparação entre o *picking* atual da encomenda 7 (Figura 21) e o *picking* após análise ABC permite concluir que os resultados são melhores após aplicação da análise ABC. O caminho percorrido pelo operador é mais organizado, pelo que, neste caso, a aplicação da análise ABC beneficiou a prática do *picking*.

Comprova-se a afirmação anterior, através da tabela 3, nº diagrama 7, em que a distância de que o operador necessitou para recolher os itens de encomenda foi de 114,07 metros, e o tempo associado a esta distância foi de 5,3 minutos.

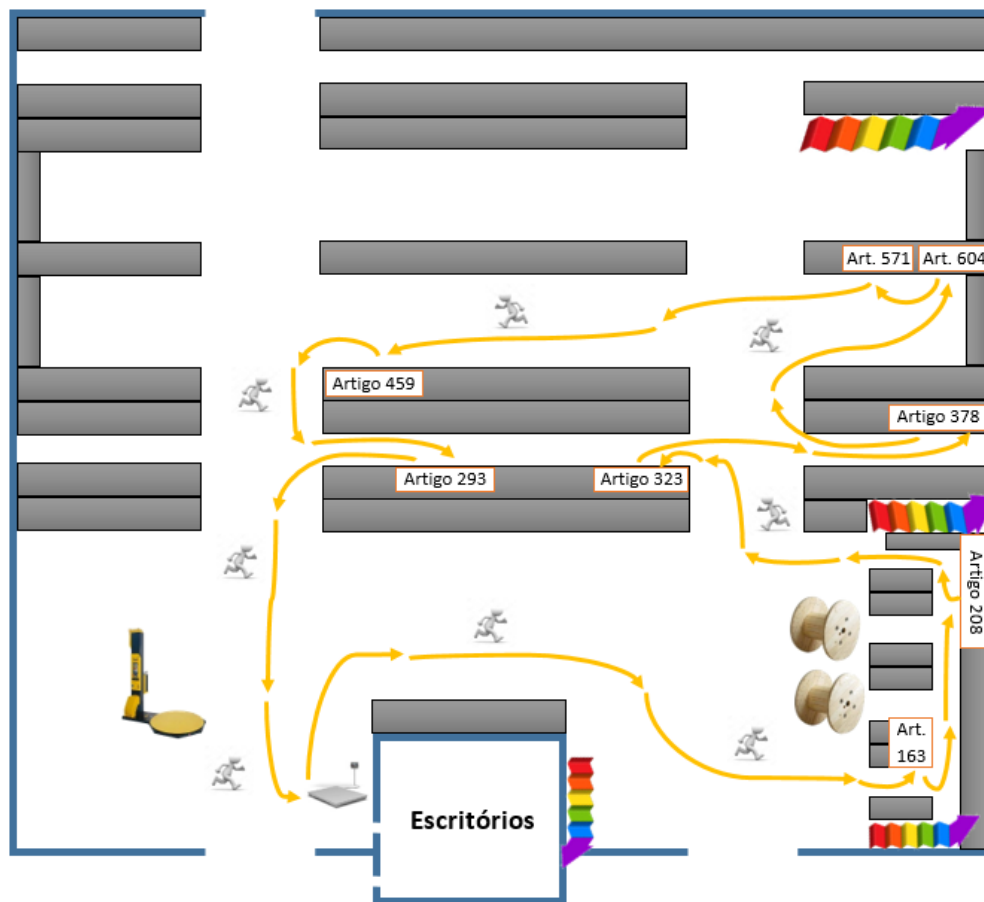


Figura 24 - Diagrama de esparguete da nota de encomenda 7, após nova disposição dos artigos. Elaboração própria.

Posteriormente, procedeu-se ao cálculo das distâncias e dos tempos dos restantes pedidos de encomenda, com o objetivo de obter melhorias sobre os valores obtidos inicialmente (tabela 2).

Fazendo uso das medidas do armazém inicialmente recolhidas do armazém (secção 3.2.1), calculou-se as novas distâncias e os novos tempos, dados de comparação com os do primeiro levantamento de *picking* representado no anexo B.

A tabela 3 apresenta os resultados obtidos após a nova distribuição dos produtos no armazém, bem como as novas distâncias e os novos tempos:

Tabela 3 - Resultados dos 7 diagramas de esparguete depois da análise ABC e da nova disposição dos artigos no armazém. Elaboração própria.

Nº do diagrama	Designação do artigo	Nova localização (nova codificação)	Recursos utilizados	Distância	Tempo
1	Artigo 5	1.1.1C.4.1	Porta-paletes.	39,54 m	3,37 min
	Artigo 12	1.1.1C.3.2			
2	Artigo 50	1.1.1C.5.1	Escadas portáteis; Empilhador; Porta-paletes.	88,17 m	5,85 min
	Artigo 175	1.2.1D4.2.3			
	Artigo 233	1.1.1D5.4.3			
	Artigo 484	1.1.3C.4.1			

	Artigo 747	1.1.5E.2.2			
<b>3</b>	Artigo 208	1.1.1D5.1.4	Porta-paletes; Escadas portáteis; Escadas fixas.	160,55 m	10,26 min
	Artigo 215	1.1.1D5.2.3			
	Artigo 320	1.1.2C.7.2			
	Artigo 396	1.1.3E.2.2			
	Artigo 401	1.1.3E.2.4			
	Artigo 425	1.1.3E.6.4			
	Artigo 433	1.1.3E.7.5			
	Artigo 447	1.1.3E.8.6			
	Artigo 492	1.1.3C.4.4			
	Artigo 511	1.1.3C.6.3			
	Artigo 629	1.1.4E.2.2			
	Artigo 856	1.1.5D.1.5			
	Artigo 1096	1.2.1D5.4.3			
	Artigo 1146	1.2.3A.2.4			
<b>4</b>	Artigo 8	1.1.1E.1.2		95,21 m	6,93 min
	Artigo 19	1.1.1E.1.4			
	Artigo 35	1.1.1E.2.3			
	Artigo 44	1.1.1E.3.3			
	Artigo 67	1.1.1D1.3.3			
	Artigo 81	1.1.1D2.1.1			
	Artigo 111	1.1.1D2.4.4			
	Artigo 232	1.1.1D5.4.2			
<b>5</b>	Artigo 336	1.1.2D.1.4	Escadas fixas.	72,08 m	3,44 min
	Artigo 42	1.1.1E.3.2			
<b>6</b>	Artigo 49	1.1.1D1.4.4	Porta-paletes; Escadas portáteis.	168,33 m	9,45 min
	Artigo 25	1.1.1E.1.4			
	Artigo 42	1.1.1E.3.2			
	Artigo 104	1.1.1D2.4.1			
	Artigo 352	1.1.2D.3.3			
	Artigo 439	1.1.3E.8.2			
	Artigo 509	1.1.3C.6.2			
	Artigo 722	1.1.4D.5.3			
	Artigo 731	1.1.4D.7.1			
	Artigo 763	1.1.5E.4.3			
<b>7</b>	Artigo 832	1.1.5C.5.2	Escadas portáteis.	114,07 m	5,41 min
	Artigo 163	1.1.1D4.1.3			
	Artigo 208	1.1.1D5.1.4			
	Artigo 293	1.1.2C.3.3			
	Artigo 323	1.1.2C.7.4			
	Artigo 378	1.1.2D.6.3			
	Artigo 459	1.1.3C.1.6			
	Artigo 571	1.1.3D.4.1			
	Artigo 604	1.1.3D.6.2			

Com o objetivo de perceber se houve ou não melhorias significativas no resultado final, e recordando que a melhoria desejada é a minimização das distâncias e dos tempos recolhidos nos



primeiros diagramas de esparguete realizados na secção 3.2.2, compararam-se os resultados das tabelas 2 e 3, que traduzem as simulações das situações anterior e posterior à aplicação da ferramenta. Esta comparação encontra-se representado na tabela 4.

Tabela 4 - Comparação do levantamento de picking atual com o levantamento do picking depois de aplicado a ferramenta análise ABC\*. ✓ - Verificou-se redução; ✗ - Não se verificou redução. \* Disposição dos artigos segundo a análise ABC.

	<i>Picking atual</i>		<i>Picking após a nova disposição dos artigos*</i>		✓ ✗
	Distância (m)	Tempo (min)	Distância (m)	Tempo (min)	
Encomenda 1	146,35	12,48	39,54	3,37	✓
Encomenda 2	107,45	7,13	88,17	5,85	✓
Encomenda 3	205,60	13,14	160,55	10,26	✓
Encomenda 4	105,75	7,7	95,21	6,93	✓
Encomenda 5	127,01	6,07	72,08	3,44	✓
Encomenda 6	167,45	9,4	168,33	9,45	✗
Encomenda 7	172,85	8,2	114,07	5,41	✓
Total	1 032,46	64,12	737,95	44,71	

Conclui-se que a nova disposição dos artigos beneficiou a atividade de *picking* em cerca de 85,70%, quer quanto à distância percorrida pelos operadores, quer quanto ao tempo de execução das encomendas, tendo-se verificado apenas um caso de insucesso. No que diz respeito à distância percorrida, obteve-se uma redução de 28,53%, no tempo de *picking*; quanto ao tempo, verifica-se que houve uma redução cerca de 30,27%. Comprovou-se, desta forma, que a utilização do sistema proposto tornaria todo o processo de *picking* muito mais eficiente.

#### 3.2.4. Modelo matemático

De acordo com o referido por Benevides et al. (2012), a utilização de modelos matemáticos na obtenção do trajeto mais curto, aumenta a eficiência na recolha dos itens para uma encomenda. Os modelos de programação linear inteira fornecem igualmente a sequência pela qual o operador deve recolher o pedido de encomenda.

O problema de *picking* neste caso de estudo pode ser abordado como um problema do caixeiro-viajante. Recorrendo ao modelo de programação linear deste problema, pretende-se determinar as rotas mais curtas para o *picking* de cada encomenda. Assim, de acordo com um dado conjunto de distâncias (ou de tempos de deslocação) entre os vários pontos a visitar, e pretende-se determinar o trajeto mais curto, necessário para efetuar o *picking* de uma encomenda, saindo de um ponto inicial, percorrendo todos os pontos de *picking* (uma única vez) e regressando ao ponto de partida.

O modelo *standard* referente ao problema do caixeiro viajante é o seguinte:

$$\begin{aligned} &\text{Minimizar } \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n c_{ij} x_{ij} \\ &\text{s.a. } \sum_{i=1}^n x_{ij} = 1 \quad (j=1,2,\dots,n) \\ &\quad \sum_{j=1}^n x_{ij} = 1 \quad (i=1,2,\dots,n) \\ &\quad X = (x_{ij}) \in S \\ &\quad x_{ij} = 0 \text{ ou } x_{ij} = 1 \quad (i, j = 1,2,\dots,n) \end{aligned}$$

Sendo que:

- $C=[c_{ij}]$  é uma matriz simétrica (considera-se que  $c_{ij} = c_{ji}$ ), assumindo que  $c_{ij} = +\infty, \forall i \in N$ ;
- $X=[x_{ij}]$  é uma matriz das variáveis de decisão do problema, onde  $x_{ij} = \begin{cases} 1, & \text{se o arco for } a_{ij} \in \text{rota} \\ 0, & \text{se o arco } a_{ij} \notin \text{rota} \end{cases}$

Restrições:

- Os dois primeiros grupos de restrições garantem que exatamente um arco  $(i, j)$  sai de cada nó da rota e exatamente um arco  $(i, j)$  é direcionado para cada nó  $j$  da rota;
- A penúltima restrição contém um conjunto  $S$ , que pode ser qualquer conjunto de restrições que impeça formação de subrotas;

O modelo foi implementado no *solver*, uma vez que para cada encomenda os pontos de *picking* são poucos, isto é, os problemas de teste são de pequena dimensão.

O *solver* é um suplemento do *Microsoft Excel* utilizado para a análise de hipóteses. Por meio deste suplemento, pode encontrar-se um valor otimizado (máximo ou mínimo) para uma dada fórmula numa célula a definir (célula objetivo), sujeita a restrições ou limites. O *solver* ajusta os valores que se encontram nas células dedicadas às variáveis de decisão para satisfazer os limites nas células de restrição e produzir o resultado pretendido para a célula objetivo.

O primeiro passo consiste na criação de pontos no armazém, o que significa que aquele local serve para a recolha de um grupo de itens que se encontram mais próximos desse ponto. As Figuras 25 e 26 apresentam esses pontos posicionados relativamente ao *layout* do armazém:

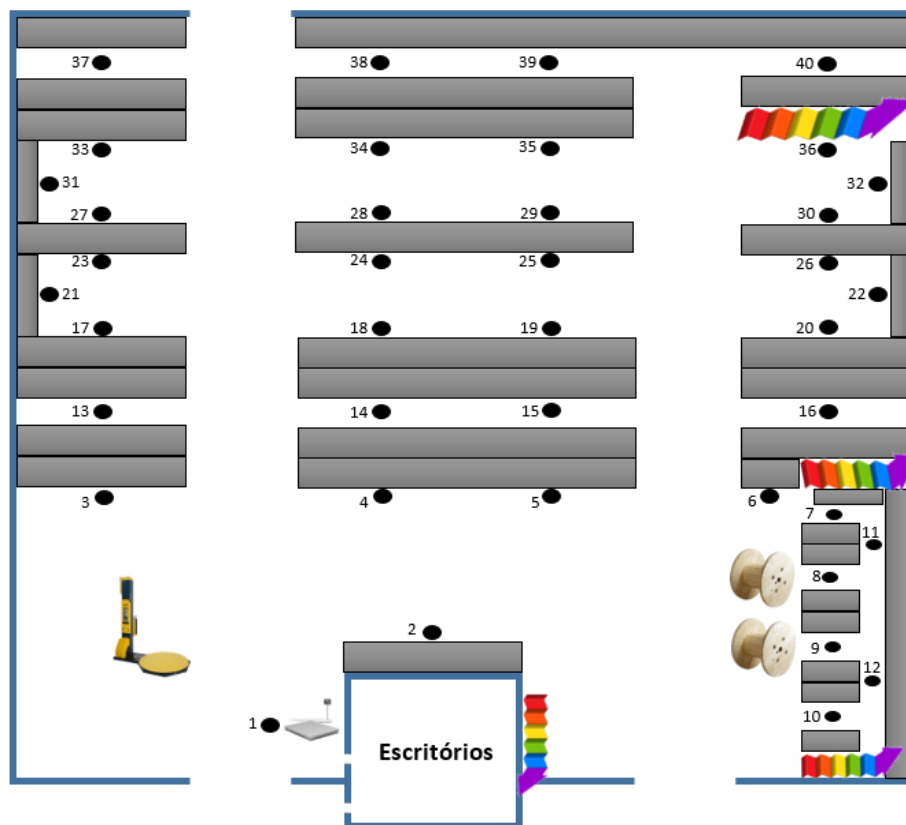


Figura 25 - Distribuição dos pontos no armazém, para a recolha dos itens - Piso 1. Elaboração própria.

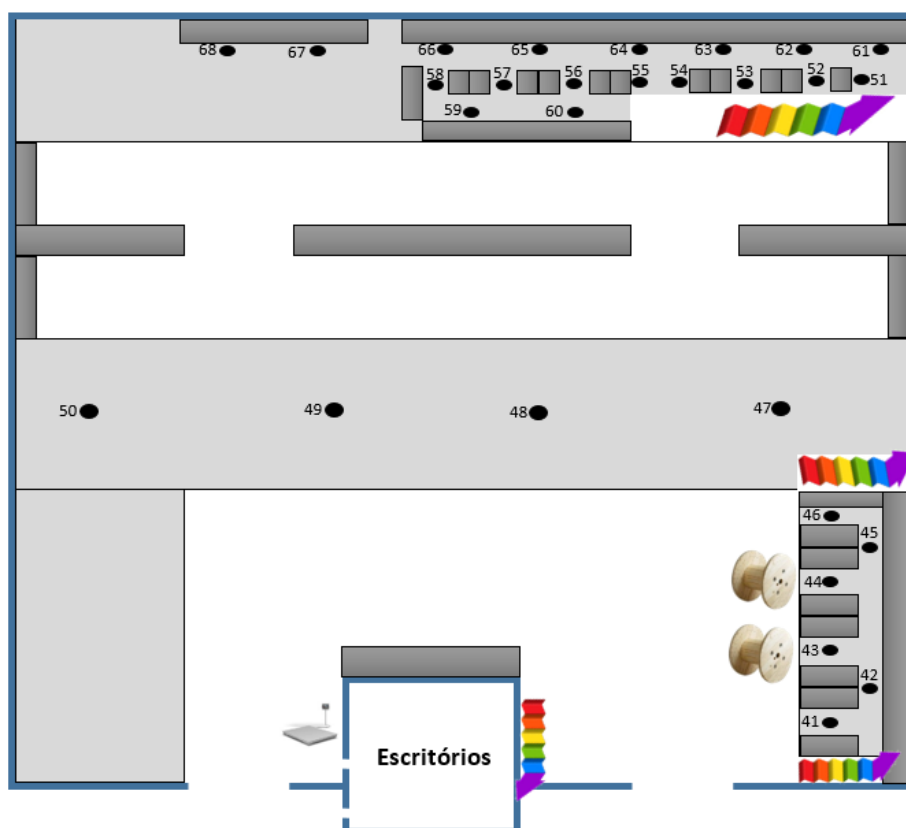


Figura 26 - Distribuição dos pontos no armazém, para a recolha dos itens - 4 mezaninos. Elaboração própria.

O passo seguinte centra-se na construção de uma matriz de distâncias dos pontos anteriormente definidos. Tendo como base o resultado obtido visível nas Figuras 25 e 26 e o levantamento das medidas do armazém (feito na secção 3.2.1), foi possível calcular as distâncias entre os pontos (por exemplo, calcular a distância que existe entre 1-2; 1-3) construindo-se, assim, uma matriz de distâncias simétrica. Essa matriz de distâncias, por ser constituída por 68 pontos, possui grandes dimensões que impossibilitou colocá-la como anexo neste trabalho.

Posteriormente, na análise individual das notas de encomenda, identifica-se onde se encontram os artigos no armazém (com a nova disposição feita através da análise ABC) e é criada, para cada encomenda, uma matriz reduzida, a qual, por sua vez, contém somente os pontos e distâncias onde se encontram os respetivos artigos.

Por último, recorrendo ao *solver* sobre esta matriz reduzida, é calculada a distância mais curta que o operador terá de percorrer para recolher os itens de encomenda. A mesma ferramenta estabelece a ordem pela qual o operador deve recolher os artigos. Para isso, foi necessário aplicar, a cada encomenda, o modelo matemático apresentado anteriormente.

Aplicou-se o *solver* aos dois resultados anteriormente obtidos (*picking* atual; *picking* após a aplicação da análise ABC). Por meio deste suplemento do *Excel*, foi calculada a menor distância percorrida para a execução de cada encomenda.

É de notar que as encomendas 1 e 5 só constam de 2 artigos cada, pelo que não se aplicou o *solver*, por ser algo fácil de calcular.

O *solver* foi aplicado às encomendas 2, 3, 4, 6 e 7, e o resultado de cada encomenda encontra-se representado no anexo G. Cada encomenda apresenta uma matriz reduzida que foi contruída através da matriz de distâncias de 68 pontos, referida anteriormente.

Para cada resultado obtido com a aplicação do *solver* quer ao *picking* atual, quer ao *picking* após a nova disposição dos artigos, aplicou-se novamente o diagrama de esparguete, por forma a aferir visualmente qual o impacto da aplicação do *solver* no percurso do operador aquando a elaboração de cada encomenda. Estes diagramas de esparguete, das encomendas 2, 3, 4, 6 e 7, encontram-se representados no anexo H.

Assim, apresenta-se, em seguida, a descrição dos diferentes cenários de aplicação do *solver* e do diagrama de esparguete, relativamente às duas encomendas em estudo (3 e 7).

Relativamente à encomenda 3, a Figura 27 representa os resultados da aplicação do suplemento *solver* ao *picking* atual daquela. A encomenda prevê a existência de 11 pontos de recolha de itens. Com a aplicação do *solver*, obteve-se a seguinte sequência: sai-se do ponto 1, junto da balança, designado por zona de expedição; segue-se para o ponto 4, onde se encontram os artigos 215, 208, 320 e 447; segue-se para o ponto 3, onde se localiza o artigo 425; o ponto seguinte será o 13, onde se encontrará o artigo 401; prossegue-se para o ponto 14, onde estarão os artigos 492 e 511; em seguida, alcançam-se os pontos 15 e 16, onde se irão encontrar os artigos 396 e 1096, respetivamente; depois, segue-se o ponto 36, de forma a recolher-se o artigo 1146; seguem-se os pontos 6 e 7, onde estarão os artigos 856 e 629, respetivamente; de seguida, alcançar-se-á o ponto 2 para recolha do artigo 433; por último, o operador retorna à zona de expedição, o ponto 1. Todo o percurso desta sequência encontra-se representado no diagrama de esparguete da Figura 28.

No itinerário coincidente com esta sequência, o operador percorre uma distância de 132,18 metros, o que, quando comparado com a distância percorrida por este no *picking* atual sem aplicação de *solver* (205,6 metros), constitui uma melhoria, isto é, o operador deixa de percorrer 73,42 metros, que é a diferença entre a primeira situação e a solução apresentada pelo *solver*.

Assim, nesta encomenda consegue-se atingir o objetivo inicial, a minimização das distâncias de *picking* percorridas pelo expediente.

		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
	Distância	i = 1	i = 2	i = 3	i = 4	i = 6	i = 7	i = 13	i = 14	i = 15	i = 16	i = 36
1	j = 1	0	8,17	17,1583	9,955	22,0766	25,8116	20,1533	16,9466	24,6449	27,8416	40,7166
2	j = 2	8,17	0	17,498	7,325	15,548	19,283	20,493	17,286	17,286	21,313	33,358
3	j = 3	17,1583	17,498	0	11,003	23,125	28,86	11,385	14,295	18,193	28,89	41,765
4	j = 4	9,955	7,325	11,003	0	12,122	15,857	13,998	10,792	14,69	17,887	30,762
5	j = 6	22,0766	15,548	23,125	12,122	0	3,735	26,12	15,117	11,218	8,615	21,49
6	j = 7	25,8116	19,283	28,86	15,857	3,735	0	29,855	18,852	14,953	12,35	25,225
7	j = 13	20,1533	20,493	11,385	13,998	26,12	29,855	0	11,003	14,902	25,895	38,78
8	j = 14	16,9466	17,286	14,295	10,792	15,117	18,852	11,003	0	3,8983	14,892	27,767
9	j = 15	24,6449	17,286	18,193	14,69	11,218	14,953	14,902	3,8983	0	10,993	23,868
10	j = 16	27,8416	21,313	28,89	17,887	8,615	12,35	25,895	14,892	10,993	0	21,265
11	j = 36	40,7166	33,358	41,765	30,762	21,49	25,225	38,78	27,767	23,868	21,265	0

8	9	10	11	5	6	2	1	4	3	7	8
3,8983	10,993	21,265	21,49	3,735	19,283	8,17	9,955	11,003	11,385	11,003	

Menor distância:	132,1803 m
Sequência:	1 - 4 - 3 - 13 - 14 - 15 - 16 - 36 - 6 - 7 - 2 - 1

Houve melhoria	
Antes (m)	Depois (m)
205,6	> 132,1803

Figura 27 - Resultado da aplicação do *solver* no estudo da encomenda 3, no *picking* atual. Elaboração própria.

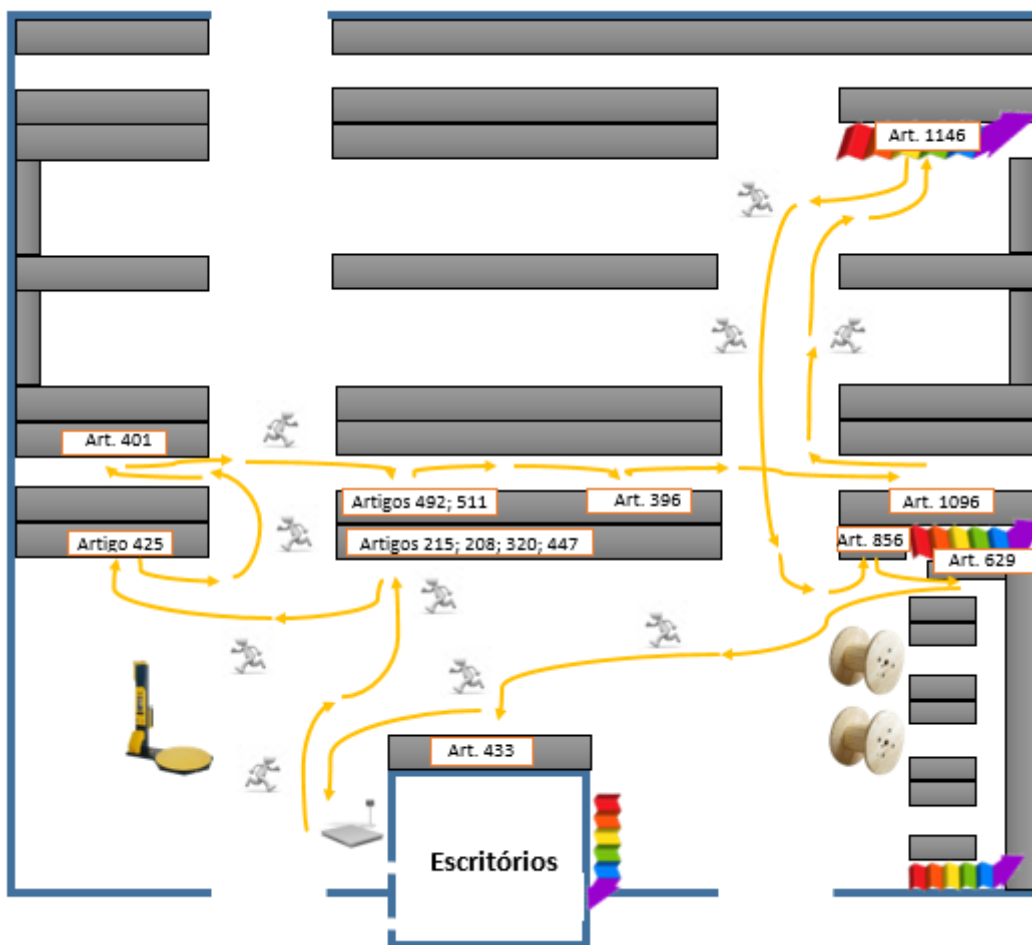


Figura 28 - Sequência obtida na aplicação do *solver* no *picking* atual (encomenda 3), resultado da figura 27. Elaboração própria.

Ainda no que respeita à encomenda 3, a Figura 29 apresenta uma nova análise concernente à aplicação do *solver* após a nova disposição dos artigos (análise ABC). Tratando-se da mesma encomenda, consideram-se os mesmos 11 pontos de recolha, mas a distribuição destes no armazém está de modo diferente do caso anterior, consequência da aplicação da análise ABC. Logo, a sequência do itinerário a percorrer pelo operador dada pelo *solver* será diferente.

Desta feita, a sequência obtida pelo *solver* é a seguinte: o operador inicia pela zona de expedição (ponto 1); segue para o ponto 15, onde se encontra o artigo 320; desloca-se para o ponto 11, onde encontrará os artigos 208 e 215; depois, terá que se deslocar ao ponto 45, no mezanino 1, para recolher o artigo 1096; segue para o ponto 40, onde estará o artigo 856; depois, o operador terá de ir ao ponto 62, no mezanino 3, de forma a recolher o artigo 1146; de volta ao piso 1, segue para os pontos 25 e 24, para recolher os artigos 511 e 492, respetivamente; depois, prossegue para o ponto 33, onde encontrará o artigo 629; já no fim do percurso, o operador terá de passar pelo ponto 23, para recolher os artigos 425, 396 e 401; depois, segue-se o ponto 21, onde estarão os artigos 433 e 447; por fim, o operador regressa à zona de expedição, o ponto 1. Esta sequência encontra-se representada nos diagramas de esparguete das Figuras 35 e 36.

Através da análise dos resultados (Figura 34), conclui-se que o operador terá de percorrer uma distância de 233,15 metros. Quando se compara este valor com o valor da tabela 3, nº do diagrama 3 (160,55 metros), verifica-se que, neste caso, onde se conjuga a análise ABC com o *solver*, obteve-se um resultado pior, de mais 72,6 metros.

		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
	Distância	i = 1	i = 11	i = 15	i = 21	i = 23	i = 24	i = 25	i = 33	i = 40	i = 45	i = 62
1	j = 1	0	28,6316	24,6449	29,6933	27,8483	24,6416	32,3399	33,0283	43,8166	44,9916	52,9816
2	j = 11	28,6316	0	17,773	42,215	40,37	29,367	25,468	45,55	31,145	23,83	40,275
3	j = 15	24,6449	17,773	0	24,442	22,597	18,695	15,492	27,777	26,968	34,583	36,088
4	j = 21	29,6933	42,215	24,442	0	6,545	17,548	21,447	20,115	40,72	59,025	49,84
5	j = 23	27,8483	40,37	22,597	6,545	0	11,003	14,902	13,57	34,175	57,18	43,295
6	j = 24	24,6416	29,367	18,695	17,548	11,003	0	3,8983	16,183	23,172	46,177	32,292
7	j = 25	32,3399	25,468	15,492	21,447	14,902	3,8983	0	20,082	19,273	42,278	28,393
8	j = 33	33,0283	45,55	27,777	20,115	13,57	16,183	20,082	0	28,995	62,36	38,115
9	j = 40	43,8166	31,145	26,968	40,72	34,175	23,172	19,273	28,995	0	46,955	21,66
10	j = 45	44,9916	23,83	34,583	59,025	57,18	46,177	42,278	62,36	46,955	0	57,525
11	j = 62	52,9816	40,275	36,088	49,84	43,295	32,292	28,393	38,115	21,66	57,525	0

	2	10	9	11	7	6	8	5	4	1	3	2
	23,83	46,955	21,66	28,393	3,8983	16,183	13,57	6,545	29,6933	24,6449	17,773	

Menor distância:	233,1455 m
Sequência:	1 - 15 - 11 - 45 - 40 - 62 - 25 - 24 - 33 - 23 - 21 - 1

Não houve melhoria	
Antes (m)	Depois (m)
160,55	< 233,1455

Figura 29 - Resultado da aplicação do *solver* no estudo da encomenda 3, após nova disposição dos artigos. Elaboração própria.

As Figuras 30 e 31 representam o percurso no armazém, resultante da aplicação do *solver* após análise ABC. Saliente-se que a Figura 31 ilustra o percurso do operador quando necessita de subir ao mezanino 1 para recolher os artigos 1096 e ao mezanino 3 para recolher o artigo 1146. Esta figura complementa, pois, a Figura 30, no sentido em que apresenta o seguimento das setas até aos pontos 45 e 62 (mezanino 1 e 3, respetivamente). As duas imagens devem, portanto, ser lidas em conjunto para se consiga perceber o fluxo que o operador efetua durante a preparação da encomenda.

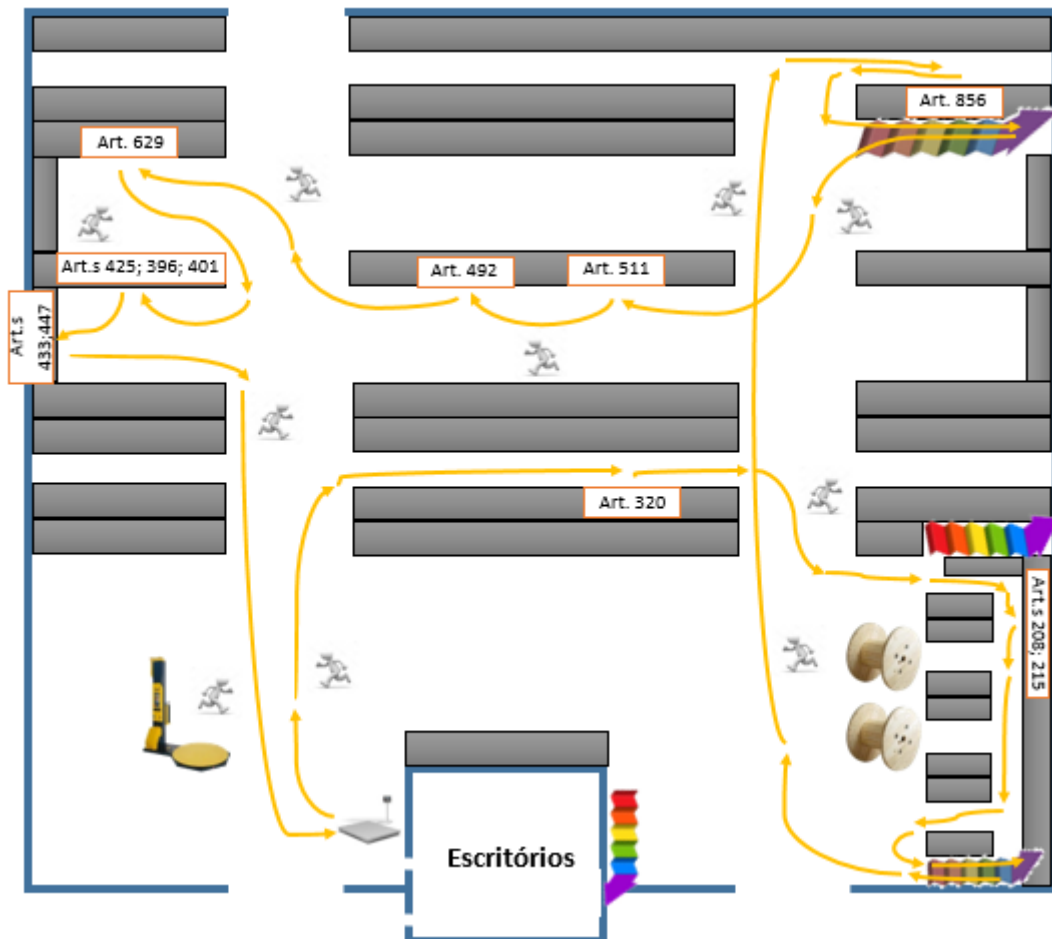


Figura 30 - Sequência obtida na aplicação do *solver* após a nova disposição dos artigos (encomenda 3), resultado da figura 29. Elaboração própria.

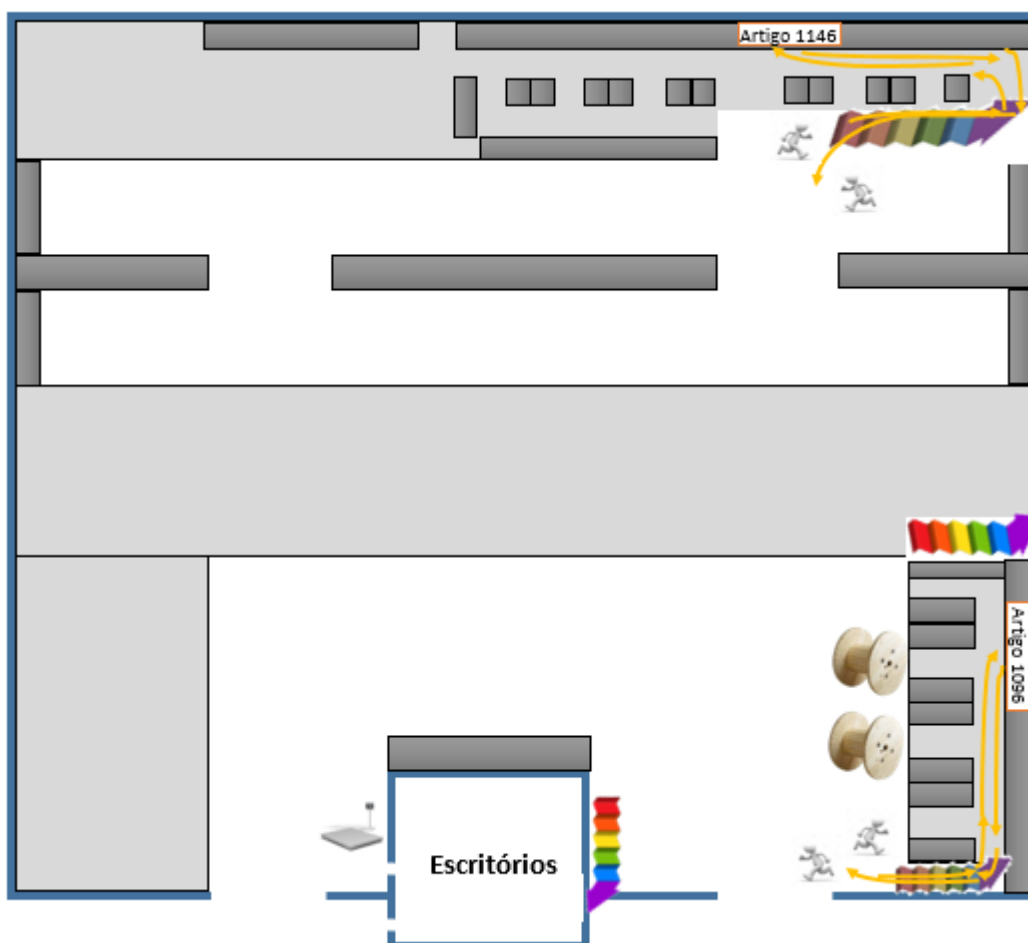


Figura 31 -Continuação da sequência obtida na aplicação do *solver* após a nova disposição dos artigos (encomenda 3), resultado da figura 29. Elaboração própria.

A encomenda 7 constitui um segundo exemplo da aplicação do *solver* ao *picking* atual (Figura 32).

Para esta encomenda, estão previstos 7 pontos de recolha de itens. A sequência obtida pelo *solver*, como solução para um percurso mais curto, é: 1 – 3 – 14 – 38 – 41 – 45 – 4 – 1. A Figura 33 representa o diagrama de esparguete desta sequência. O ponto 1 é a zona de expedição; os pontos 3 e 14 armazenam os artigos 378, 571 e 323; no ponto 38, estarão os artigos 293 e 604; para ir ao encontro dos pontos 41 e 45, o operador terá de subir ao mezanino 1, de forma a recolher os artigos 163 e 459; no ponto 4, encontra-se o artigo 208; por fim, regressa-se à zona de expedição (ponto 1).

A distância calculada pelo *solver*, para esta sequência, foi de 149,17 metros. Quando comparado com o *picking* atual desta mesma encomenda, 172,85 metros, verifica-se uma melhoria de 23,68 metros. Conclui-se, portanto, que o *solver* trouxe um resultado positivo quando aplicado no *picking* atual.



		1	2	3	4	5	6	7
	Distância	i = 1	i = 3	i = 4	i = 14	i = 38	i = 41	i = 45
1	j = 1	0	8,17	9,955	16,9466	32,9216	42,5416	44,9916
2	j = 3	8,17	0	11,003	14,295	29,973	43,59	46,04
3	j = 4	9,955	11,003	0	10,792	26,767	32,587	35,037
4	j = 14	16,9466	14,295	10,792	0	24,068	36,032	38,482
5	j = 38	32,9216	29,973	26,767	24,068	0	51,007	53,457
6	j = 41	42,5416	43,59	32,587	36,032	51,007	0	6,64
7	j = 45	44,9916	46,04	35,037	38,482	53,457	6,64	0

	7	3	1	2	4	5	6	7
	35,037	9,955	8,17	14,295	24,068	51,007	6,64	

<b>Menor distância:</b>	149,172 m
<b>Sequência:</b>	1 - 3 - 14 - 38 - 41 - 45 - 4 - 1

Houve melhoria	
Antes (m)	Depois (m)
172,85	> 149,172

Figura 32 - Resultado da aplicação do *solver* no estudo da encomenda 7, no *picking* atual. Elaboração própria.

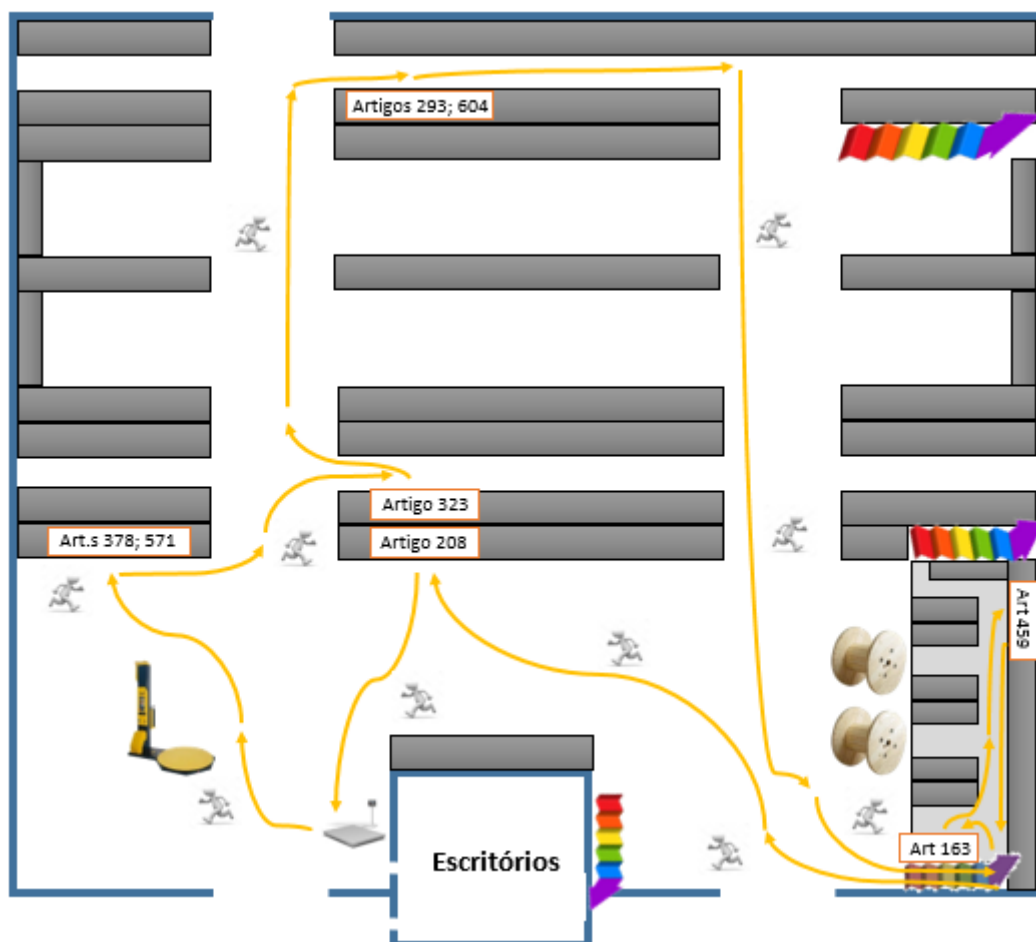


Figura 33 - Sequência obtida na aplicação do *solver* no *picking* atual (encomenda 7), resultado da figura 32. Elaboração própria.

A Figura 34 apresenta um segundo exemplo da aplicação do *solver*, igualmente à encomenda 7, porém, agora, após nova disposição dos artigos (depois da utilização da ferramenta análise ABC).

Esta encomenda contém 8 pontos de recolha dos artigos. A sequência obtida através do suplemento o *solver* é: 1 – 10 – 11 – 16 – 26 – 18 – 15 – 14 – 1. A Figura 35 ilustra o diagrama de esparguete desta sequência. O ponto 1 é a zona de expedição; no ponto 10 recolhe-se o artigo 163; o ponto 11 armazena o artigo 208; no ponto 16 , recolhe-se o artigo 378; o ponto 26 contém os artigos 571 e 604; o ponto 18 armazena o artigo 459; o ponto 15 armazena o artigo 323; no ponto 14 recolhe-se o artigo 293; por último, retorna-se ao ponto 1.

O resultado final apresentado pelo suplemento do *Excel* (Figura 34) é de 104,29 metros. Se comparado com a distância obtida apenas com a aplicação da ferramenta análise ABC, 114,07 metros, pode-se afirmar que existe uma melhoria de 9,78 metros. Assim, neste caso conclui-se que a aplicação do *solver* conjugado com a ferramenta análise ABC foi eficaz, traduzindo-se num resultado positivo para o objetivo em estudo (minimização das distâncias de *picking*).

		1	2	3	4	5	6	7	8
	Distância	i = 1	i = 10	i = 11	i = 14	i = 15	i = 16	i = 18	i = 26
1	j = 1	0	15,17	28,6316	16,9466	24,6449	27,8416	19,9416	35,5166
2	j = 10	15,17	0	6,64	24,582	21,133	18,53	28,027	26,225
3	j = 11	28,6316	6,64	0	21,672	17,773	15,17	24,667	22,865
4	j = 14	16,9466	24,582	21,672	0	3,8983	14,892	11,088	22,587
5	j = 15	24,6449	21,133	17,773	3,8983	0	10,993	14,69	18,688
6	j = 16	27,8416	18,53	15,17	14,892	10,993	0	17,887	16,085
7	j = 18	19,9416	28,027	24,667	11,088	14,69	17,887	0	15,693
8	j = 26	35,5166	26,225	22,865	22,587	18,688	16,085	15,693	0

	7	5	4	1	2	3	6	8	7
	14,69	3,8983	16,9466	15,17	6,64	15,17	16,085	15,693	

Menor distância:	104,2929 m
Sequência:	1 - 10 - 11 - 16 - 26 - 18 - 15 - 14 - 1

Houve melhoria	
Antes (m)	Depois (m)
114,07	> 104,2929

Figura 34 - Resultado da aplicação do *solver* no estudo da encomenda 7, após nova disposição dos artigos. Elaboração própria.

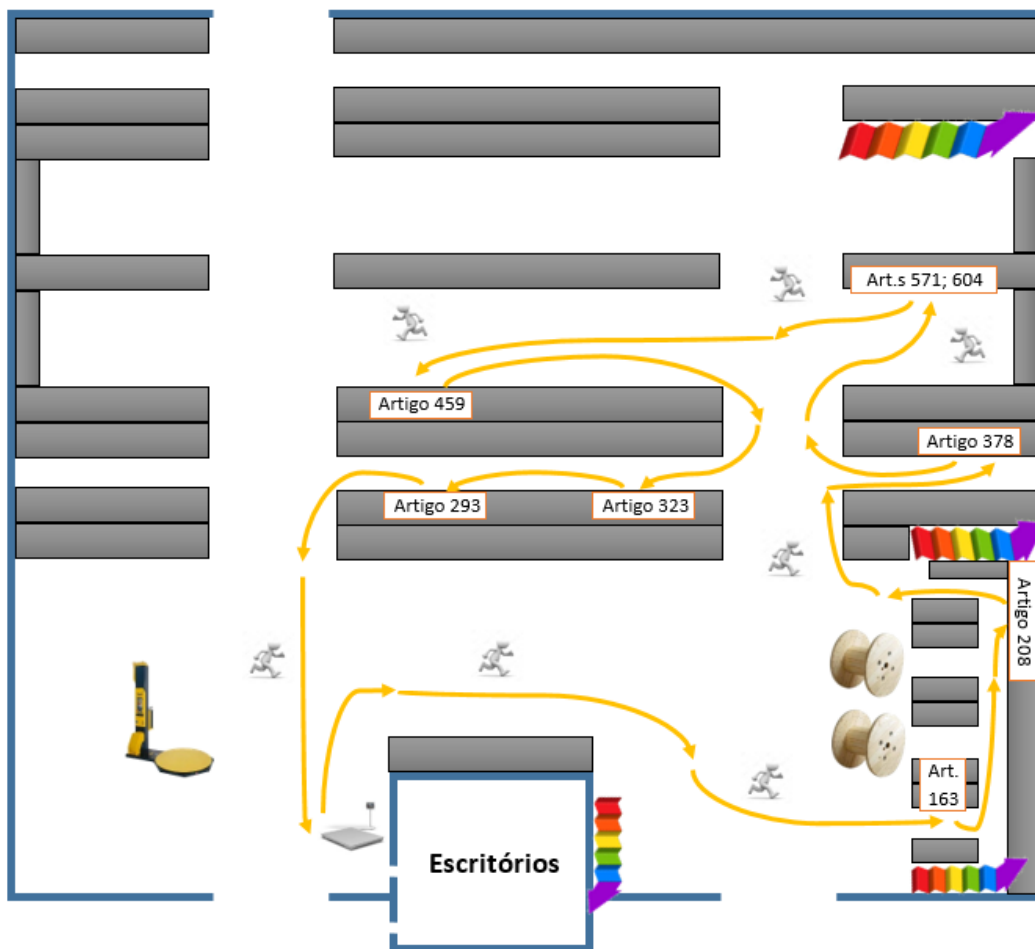


Figura 35 - Sequência obtida na aplicação do *solver* após a nova disposição dos artigos (encomenda 7), resultado da figura 34. Elaboração própria.

A situação A representa o *picking* atual do armazém (resultado obtido na secção 3.2.2, tabela 2) e a situação B representa o *picking* simulado depois de reposicionados todos os artigos segundo a classificação obtida pela análise ABC elaborada na secção 3.2.4, tabela 3.

A tabela 5 resume todo o anexo G, permitindo analisar os resultados obtidos num todo e interpretá-los:

Tabela 5 - Resumo dos resultados das distâncias obtidas (apresentados no anexo G) com a aplicação do *solver* nos dois *pickings*: *picking* atual e *picking* após a nova disposição dos artigos. ✓ - Verificou-se redução; ✗ - Não se verificou redução.\* Disposição dos artigos segundo a análise ABC

	Situação A			Situação B		
	<i>Picking</i> atual	<i>Solver</i> aplicado ao <i>picking</i> atual	✓ ✗	<i>Picking</i> após a nova disposição dos artigos*	<i>Solver</i> aplicado ao <i>picking</i> após a nova disp. dos art.	✓ ✗
Encomenda 2	107,45 m	127,02 m	✗	88,17 m	106,59 m	✗
Encomenda 3	205,60 m	132,18 m	✓	160, 55 m	233,15 m	✗

Encomenda 4	105,75 m	96,93 m	✓	95,21 m	101,23 m	✗
Encomenda 6	167,45 m	158,16 m	✓	168,33 m	180,69 m	✗
Encomenda 7	172,85 m	149,17 m	✓	114,07 m	104,29 m	✓

Perante estes resultados, conclui-se que não é vantajoso utilizar em conjunto as ferramentas análise ABC e *solver*, isso verifica-se na situação B, pois existe 4 casos de insucesso em 5 encomendas. Na situação A verifica-se um melhor aproveitamento, isto é, quando se aplica o *solver* no picking atual, porém apresenta 1 caso de insucesso.

Coloca-se, desta forma, a questão de optar entre uma das ferramentas aplicadas.

A tabela 6 apresenta de novo a situação A, descrita anteriormente, e uma nova situação, designada pela letra C (Situação C), que compara os resultados do “*Picking* atual” (resultado obtido na secção 3.2.2, tabela 2) com o “*Picking* após nova disposição dos artigos”, trabalho que já foi feito nos capítulos 3.2.4, tabela 3); desta feita, o propósito da representação da situação C destina-se a comparar a situação A com esta última, de forma a que se consiga dar resposta à questão emergente da análise dos resultados respeitantes às situações A e B.

Aqui vai-se estudar qual das ferramentas (nomeadamente o *solver* ou a análise ABC) se consegue obter uma melhoria significativa, quando aplicadas individualmente no *picking* que se pratica atualmente no armazém em estudo.

Tabela 6 - Comparação dos resultados das distâncias entre a Situação A com a Situação C. ✓ - Verificou-se redução; ✗ - Não se verificou redução. \* Disposição dos artigos segundo a análise ABC.

	Situação A			Situação C		
	<i>Picking</i> atual	<i>Solver</i> aplicado ao <i>picking</i> atual	✓ ✗	<i>Picking</i> atual	<i>Picking</i> após a nova disposição dos artigos*	✓ ✗
Encomenda 2	107,45 m	127,02 m	✗	107,45 m	88,17 m	✓
Encomenda 3	205,60 m	132,18 m	✓	205,60 m	160,55 m	✓
Encomenda 4	105,75 m	96,93 m	✓	105,75 m	95,21 m	✓
Encomenda 6	167,45 m	158,16 m	✓	167,45 m	168,33 m	✗
Encomenda 7	172,85 m	149,17 m	✓	172,85 m	114,07 m	✓

A conclusão que se retira desta análise é que ambas as ferramentas têm potencialidades de serem aplicadas se utilizadas separadamente. Verifica-se, através da tabela 6, que quer a situação A quer a situação C apresentam o mesmo resultado, isto é, ambas apresentam 4 casos de sucesso em 5 encomendas (melhoria de 80%). Ainda assim, numa abordagem mais aprofundada, baseada nos resultados obtidos a partir do cálculo da diferença entre as distâncias para cada caso, conclui-se que a Situação C apresenta melhores resultados, embora pouco significativos. Exemplo do que se acabou de afirmar é a análise dos casos de insucesso de cada situação. Na nota de encomenda 2 da Situação A, esta apresenta um agravamento na distância percorrida em 19,57

metros. Comparando a situação referida com a nota de encomenda 6 da Situação C, esta apresenta um aumento na distância percorrida pelo operador em 0,88 metros.

### 3.2.5. Codificação da localização dos produtos

Uma boa organização do armazém é fulcral para um melhor atendimento aos pedidos de encomendas, pois diminui o tempo de execução das mesmas, permitindo satisfazer um maior número de encomendas. A boa gestão do armazenamento minimiza os erros provocados pela troca dos itens que constituem a encomenda.

O armazém possui um plano da localização dos artigos. No entanto, o mesmo plano não tem sido alvo de manutenção e de controlo, o que resulta em que se desconheça a localização de muitos dos artigos.

A Figura 36 demonstra o plano presente no armazém em estudo:

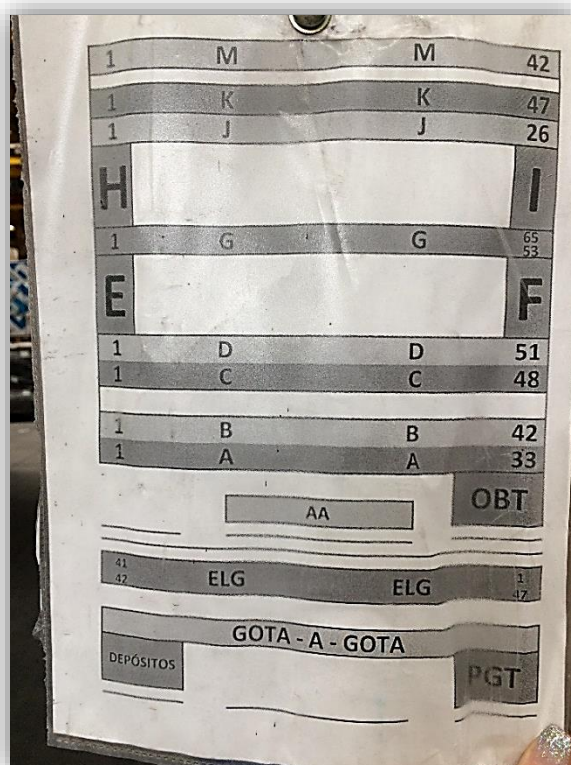


Figura 36 - Plano atual da localização dos artigos no espaço do armazém em estudo.

Tendo-se verificado que tal sistema não é intuitivo e pela falta de controlo e manutenção, ao longo do tempo tornou-se num plano desatualizado, prosseguiu-se para a redefinição total dos códigos de localização dos artigos.

Neste sentido, surge a ideia de atribuir um código a cada produto contendo as seguintes informações: Nº do Armazém, Nº do Piso, Nome do Corredor, Nº da Estante e, por último, Nº da Prateleira em que se encontra o produto. Assim, qualquer pessoa responsável pela preparação de uma encomenda, mesmo não conhecendo o armazém, consegue fazer a recolha dos itens sem perda tempo à procura dos mesmos.

A Figura 37 representa o formato do código de localização. As cinco informações enunciadas anteriormente são separadas por pontos, pela respetiva ordem:

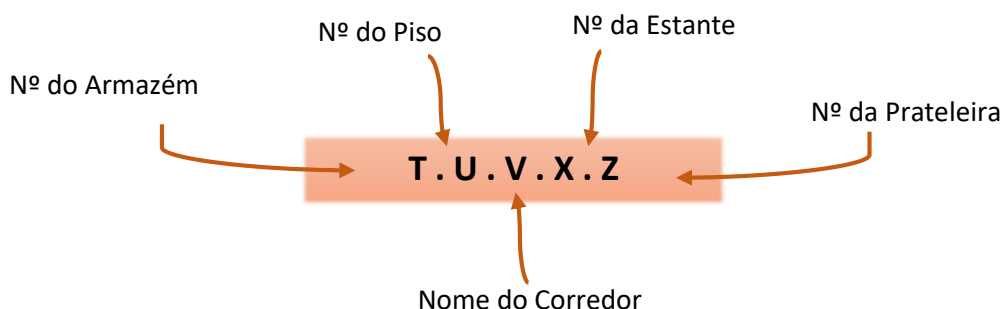


Figura 37 - Legenda do código de localização dos produtos. Elaboração própria.

É um facto que a empresa Prilux possui mais do que um armazém. Desta forma, foi atribuído o campo para numerar os respetivos armazéns, nomeadamente a letra T, que vai dar lugar ao número do armazém onde um determinado artigo se encontra. Uma vez que o presente estudo incide num só armazém, que é o espaço que evidencia maiores possibilidades de melhoramento, todos os artigos vão apresentar, em lugar da letra T, o número 1.

O número do piso está associado à letra U; o piso este encontra-se definido como 1 para o primeiro piso (Figura 12) e como 2 para os quatro mezaninos (Figura 13).

A letra V corresponde ao nome do corredor onde se encontra cada artigo. Relativamente à organização dos corredores, ponderou-se uma forma de designação mais concisa, que não deixasse de corresponder à informação relativa à orientação e número dos corredores: 1 a 5 para os corredores, sempre transversais, com início pela zona de expedição; acrescentou-se ao respetivo número uma das letras, E, C ou D, que significam Esquerdo, Centro e Direito, isto porque é visível (conforme o *layout* da figura 39) que existem três zonas que estão divididas por dois corredores longitudinais, os quais servem apenas para circulação de pessoas e máquinas; os pequenos corredores visíveis no canto inferior direito foram classificados como pertencentes ao corredor 1D, pelo que se lhes acrescentou um número (1Di sendo i=1,2,3,4 e 5), de forma a numerá-los. A Figura 38 representa os elementos que compõem as figuras 39 e 40, e na figura 39 encontra-se a esquematização da descrição apresentada.

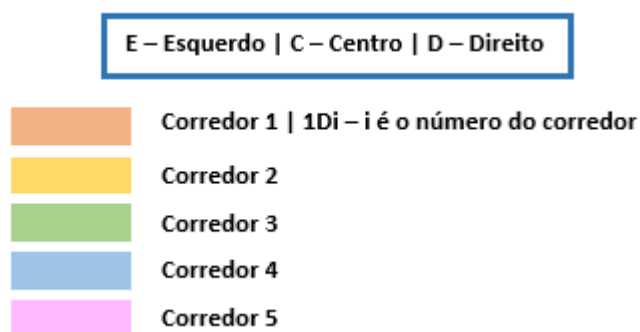


Figura 38 - Legenda dos elementos das figuras 39, 40. Elaboração própria.

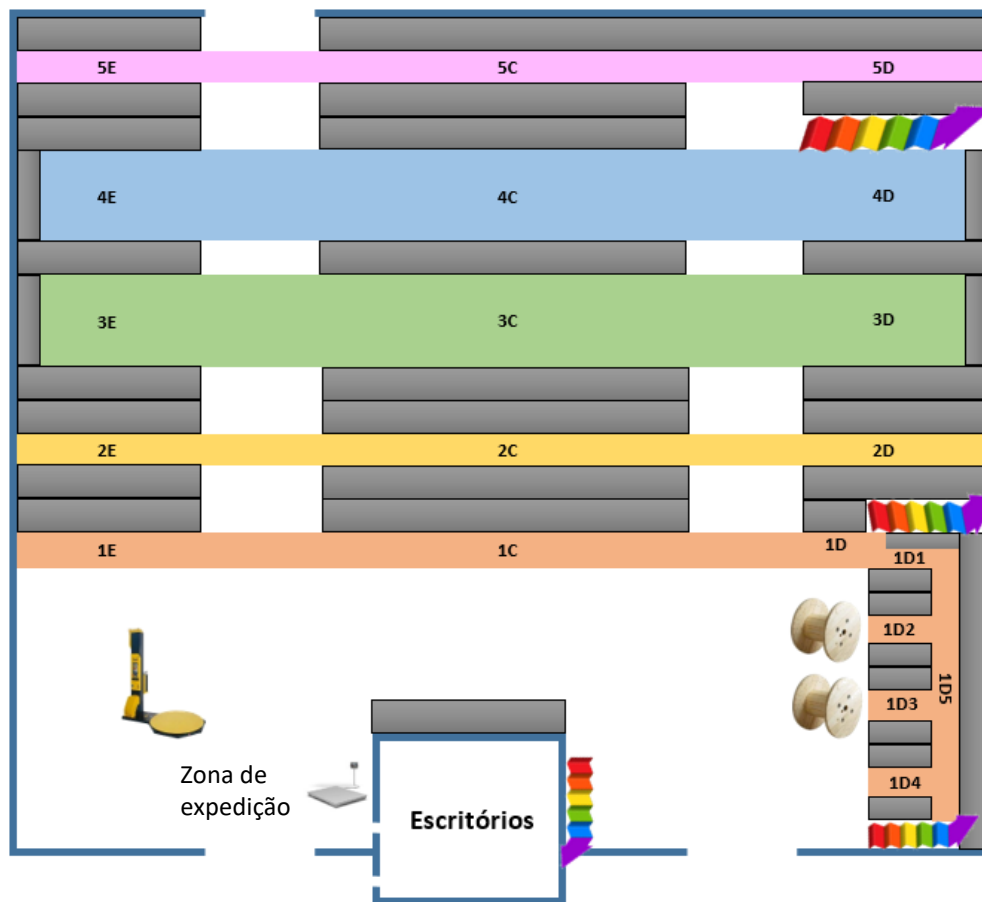


Figura 39 - Codificação dos corredores horizontais e dos corredores do canto inferior direito. Elaboração própria.

A Figura 40 representa a forma como se encontram identificados os quatro mezaninos e os seus corredores. Aqui, a letra U do esquema da Figura 37 corresponde ao número 2, e a letra V dá lugar à respetiva denominação, que se vai explicar de seguida.

Nos 4 mezaninos, a codificação é ligeiramente diferente devido à disposição do espaço.

No mezanino 1, a codificação dos corredores é exatamente igual à codificação do espaço que se encontra por baixo deste, ou seja, a letra V possui a mesma nomenclatura que os corredores do piso de baixo, devido ao *layout* ser exatamente o mesmo. A diferença reside no código sobre a letra U, que, em vez de ser o piso 1, será piso 2.

Nos mezaninos 2 e 4, sendo estes espaços amplos que possuem um só corredor, propôs-se que se destinassem ao acondicionamento de material de grandes dimensões, facto que tornaria desnecessária a colocação de estantes. A solução para definir os corredores poderia passar pela colocação de linhas de chão e juntamente a estas colocar-se-ia uma letra (por ordem alfabética), para depois adicionar ao número 2 e 4 essa mesma letra. O acesso a estes mezaninos é fácil no que diz respeito à recolha de material. No mezanino 2, existe uma espécie de varanda para retirar o material com o recurso a um empilhador, no ponto superior entre as estantes da esquerda e do centro do corredor 1, sobre o corredor longitudinal (Figura 39). Já no mezanino 4, toda a linha paralela à zona de expedição (que se pode ver na Figura 39) permite o acesso à recolha e armazenamento do material, também com recurso ao empilhador.

No mezanino 3, a codificação é diferenciada, dado que a disposição das estantes não permite definir o lado esquerdo, centro e direito, como o que consta na figura 39. Deste modo,

atribuiu-se aos corredores uma letra, seguindo-se a ordem alfabética, a começar pelo corredor mais próximo das escadas. Como é evidente, o *picking* é mais rápido nestas estantes do que nas que se localizam longe das escadas. Assim, codificação para os respetivos corredores foi 3i, sendo que i = A, B, C, D, E, F, G, H e I, em substituição da letra V.

A Figura 40 demonstra toda esta descrição:

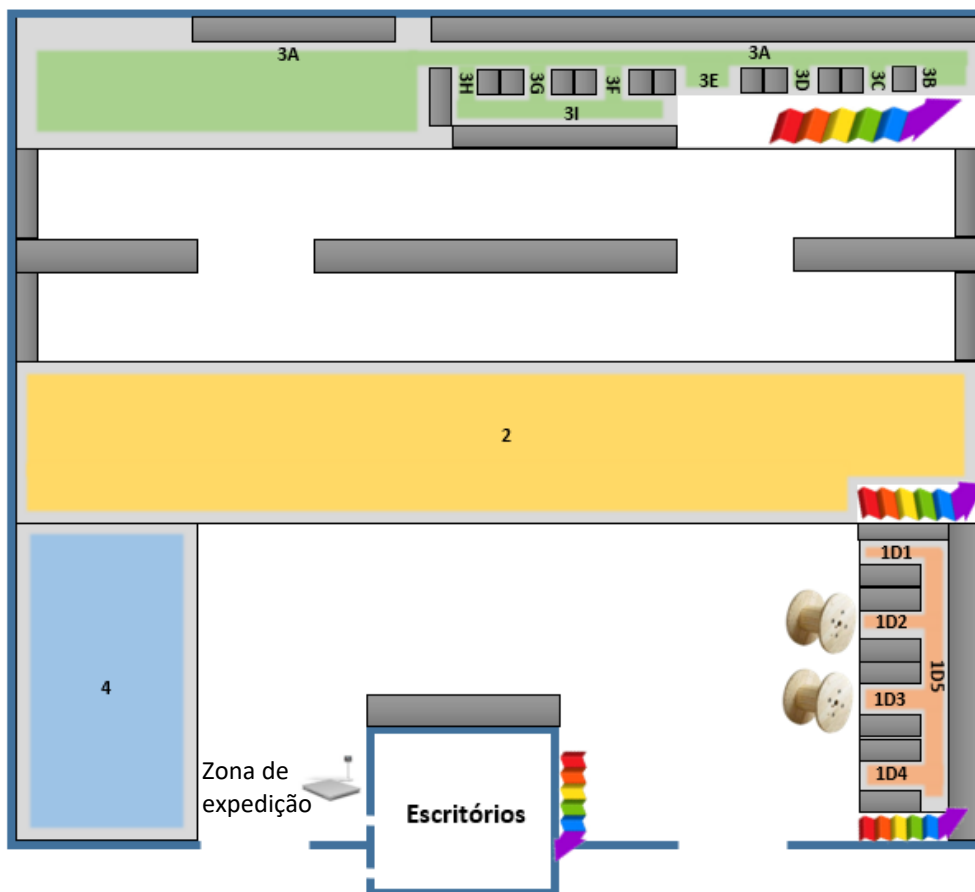


Figura 40 - Codificação dos corredores dos 4 mezaninos. Elaboração própria.

A letra X, ainda na Figura 37, corresponde ao número da estante. Esta define-se como sendo uma coluna de um corredor.

Por último, temos a letra Z, que dá lugar ao número da prateleira. Esta corresponde aos compartimentos existentes nas estantes.

No caso de existir mais do que um artigo na mesma estante, a diferenciação faz-se na colocação da designação do artigo, junto à etiqueta de localização do mesmo, na respetiva estante.

O resultado da codificação para a localização da proposta de reposicionamento dos artigos encontra-se esquematizada no anexo E. Devido à dimensão da tabela relativa à codificação resultante do reposicionamento dos artigos, optou-se por apresentar um excerto significativo da mesma.



### 3.2.6. Tecnologia aplicada ao armazém

O inventário, o *picking* e a receção de material neste armazém ainda são exercidos de uma forma convencional. Não existe nenhum sistema tecnológico de apoio a estas atividades.

Considerando as várias tecnologias referidas na revisão da literatura no capítulo 2.4.1, optou-se por avaliar qual seria o impacto que a implementação do sistema de código de barras teria no armazém.

Uma solução seria a implementação de um sistema de código de barras, de forma a que erros como a discrepância entre quantidade em *stock* de um determinado produto na estante e a quantidade desciminada no software sejam minimizados. Erros como estes originam uma sequência de outros erros, que se traduzem na prestação de um serviço deficiente que gora as expectativas do cliente.

Um dos objetivos da Prilux é prosseguir a implementação do sistema referido. Depois de uma pesquisa *online* acerca de empresas que praticam a implementação de sistemas deste tipo, foi encontrada uma que oferecia uma solução adequada ao caso de estudo, a Altronix. Neste sentido, foi contactada esta empresa, procurando a solução adequada à situação em mãos. Foi marcada uma reunião com as partes interessadas (nomeadamente a Prilux, a Altronix e a autora deste relatório), de modo a obter-se informações quanto ao modo de funcionamento do sistema e quanto ao que seria necessário para conciliar o *hardware* com o *software* que a empresa utiliza.

O resultado dessa reunião centrou-se na apresentação do funcionamento e da implementação do sistema de código de barras no armazém. A implementação teria os seguintes passos:

#### **1º Passo – Codificar os produtos.**

A empresa teria de decidir acerca da dimensão das etiquetas, de forma que as mesmas fossem aplicáveis em todos os artigos, nomeadamente nas caixas que acondicionam produtos muitos pequenos e impossíveis, por isso, de serem etiquetados. Seria esperado que a uniformização da dimensão das etiquetas acarretasse uma economização de custos para a empresa.

Para além do código de barras, a empresa decide qual a informação adicional a colocar na etiqueta. Assim, cabe à empresa ponderar a configuração e o desenho das próprias etiquetas, bem como a explicitação de informações como a designação do produto, o logotipo da empresa ou a imagem do produto.

O tipo de etiquetas também é escolhido pela empresa, e deve ter em consideração um dado conjunto de fatores como: o tipo de material onde a mesma será aplicada, o tempo de armazenamento do material, o contacto com as condições climatéricas, a eventualidade de ocorrerem riscos e rasuras, a qualidade de impressão.

#### **2º Passo – Imprimir a etiqueta e colocar no respetivo artigo.**

Todos os códigos de barras criados são gerados, automaticamente, pelo *software* da empresa.

#### **3º Passo – Configurar o dispositivo.**

O dispositivo pode conter dois formatos, nomeadamente do género de um telemóvel ou de um *tablet*. Aqui, o sistema operativo poderá ser *Windows* ou *Android*.

#### **4º Passo – Integrar a informação lida pelo dispositivo ao *software* da empresa.**

A informação que o dispositivo irá transferir para o computador deve estar num ficheiro cujo formato seja compatível com o *software* da empresa, isto é, o *software* do dispositivo deve interagir com o ERP (*Enterprise Resource Planning*) da empresa, reconhecendo o mesmo formato de ficheiro, nomeadamente ficheiro CSV (*Comma-Separated Values*).

Um ficheiro CSV é, como o próprio nome indica, um ficheiro sem formatação, em que os valores estão separados por vírgulas, delimitados por aspas, e em que a cada linha corresponde um registo diferente, ou seja, um artigo, cliente ou fornecedor.

De forma a avaliar o impacto que esta implementação teria na preparação das encomendas, começou-se por analisar os erros verificados na execução das encomendas num determinado período de tempo, nomeadamente de 29 de junho de 2017 a 14 de dezembro de 2017; seguidamente, avaliou-se o custo suportado pela empresa relativo aos erros. O resultado da avaliação encontra-se resumido na tabela 7.

Tabela 7 - Custos suportados pela empresa dos erros na elaboração das encomenda, entre as datas 29/06/2017 e 14/12/2017. A designação pelas letras A, B, C, ... nos nomes dos artigos dizem respeito ao acordo de confidencialidade entre a Prilux e o autor deste relatório, tendo sido substituídos os nomes reais pela respetiva nomenclatura sugerida.

Data de registo	Descrição da constatação	Observações	Estado	Custo suportado pela empresa
29/06/2017	50 m em falta do artigo A; falta de peças do artigo B; artigos A e B faturados; entrega em duplicado de artigos C. Peças do artigo D aguardando troca por outras de cor branca e devolução de 1 caixa. Adaptação do valor dos portes ao valor da encomenda.	06/07/2017 – encomenda entregue pelo comercial	Fechada	0€
30/06/2017	Prazo de entrega das encomendas muito alargado.	15-07-2017 – com o conhecimento dos responsáveis pela encomenda	Fechada	0 €
04/07/2017	Cobrança de 50 artigos, entrega de 25.	06-07-2017 – inclusão dos artigos em falta em encomenda posterior	Fechada	2,50 €
10/07/2017	Cobrança de 200 artigos, entrega de 100.	11-07-2017 – enviados os artigos em falta	Fechada	5 €
14/07/2017	100 m em falta do artigo A.	14-07-2017 - entrega do material.	Fechada	5 €
17/07/2017	Falta do artigo A, conforme guia de remessa.	18-07-2017 - material entregue pelo comercial.	Fechada	0 €

17/07/2017	Não entrega de 10 artigos A.	25-07-2017 - material entregue pelo comercial.	Fechada	0 €
20/07/2017	Artigo A – faturação de 20; entrega de 10. Artigo B – faturação de 6; entrega de 5. Artigo C – em falta encomenda de 10 artigos.	25-07-2017 - materiais entregues pelo comercial.	Fechada	0 €
21/07/2017	Entrega indevida de 100 m do artigo B, juntamente com o A; devolução de B e substituição por 100m do artigo C.	25-07-2017 - material entregue pelo comercial.	Fechada	0 €
27/07/2017	Falta do artigo A na encomenda.	21-08-2017 - material entregue.	Fechada	2,5 €
01/08/2017	Entrega de 5 artigos A, contra o pedido de encomenda de 6; 1 item em falta.	01-08-2017 - enviado item em falta.	Fechada	2,5 €
01/08/2017	Receção de duas peças do artigo A, contra o pedido do artigo B; solicitada troca dos artigos.	02-08-2017 - enviado material em falta.	Fechada	5 €
25/08/2017	Faturação de 25 unidades, não entregues; solicitada nota de crédito.	25-08-2017 - emissão de nota credito.	Fechada	5 €
13/09/2017	O material expedido não corresponde ao solicitado.	13-09-2017 – retificação do tipo de artigo a pedido do cliente.	Fechada	5 €
25/09/2017	Falta de 11 peças dos artigos encomendados.	12-10-2017 – envio das peças em falta	Fechada	5 €
10/10/2017	Encomenda de 50 peças A; faturação de 60; envio de 40; envio de 15 peças do artigo B, não encomendadas.	12-10-2017 – envio do material em falta  17-10-2017 – o cliente adquiriu as 15 peças inicialmente não solicitadas	Fechada	5 €
13/10/2017	Falta de 10 artigos A e de 17 artigos B.	20-10-2017 – enviados os itens B; por impossibilidade de entrega dos artigos A, procedeu-se a nota de crédito, junto de empresa parceira.	Fechada	5 €
14/12/2017	Itens em falta do artigo A; envio de artigos B em quantidade superior à solicitada.	Os itens em falta foram localizados pelo cliente noutra caixa; o cliente adquiriu os artigos em	Fechada	0 €

		excesso, sendo estes devidamente faturados.		
		<b>Total de custo suportado pela empresa:</b>		<b>47,50 €</b>

Verifica-se que, num período de tempo inferior a um ano, o custo que a empresa suportou para corrigir os erros foi de 47,50€. Custo esse que diz respeito a custos de portes. No caso de este período de tempo ter sido maior, é certo que o custo iria aumentar. A não ocorrência dos erros detetados teria permitido uma poupança de 47,50€, montante que poderia ter sido aplicado numa outra atividade, ou em medidas de melhoria das instalações do armazém.

Na questão de quando o comercial se encarrega de entregar o artigo correto ao cliente, encontra-se na tabela representado como um custo nulo, porém, existem custos associados que não são quantificados. O fato do comercial ter de ir quase de propósito à empresa para trazer o artigo correto, faz com que a empresa perca recursos na sua deslocação. Outro ponto a ter em consideração é que a preparação da expedição desse artigo (para o comercial a recolher) leva tempo que podia ser utilizado na preparação de uma outra nova encomenda, a preparar pelo responsável da expedição.

A situação decorrente é a insatisfação do cliente, mesmo após a retificação do erro. A imagem da empresa ressentir-se-á com a ocorrência de situações como as acabadas de referir. A única forma de prevenir este cenário é evitar o maior número de erros possível. É então que a tecnologia se torna importante, pois que oferece um grande apoio para minimizar ou, mesmo, para eliminar os erros. Assim, pode afirmar-se que um sistema bem implementado acarreta vantagens significativas. A empresa passa a dispor de um ótimo suporte não só para a procura dos itens da encomenda, para a execução das mesmas e para a entrada dos produtos no *stock*, como também para a poupança de recursos monetários suportados desnecessariamente.

O sistema de código de barras oferece outras vantagens: apoio ao inventário pelo controlo mais rigoroso dos *stocks*; fluidez nas atividades de receção e de expedição do material.

Concluiu-se, no entanto, que a implementação do sistema proposto não deve ocorrer de imediato, uma vez que há trabalho a fazer antes de dar esse passo. Este trabalho foca-se na reorganização total do armazém e na possível elaboração de um novo *layout*, com vista à resolução dos problemas de espaço mais prementes, e para evitar duas localizações distintas para um mesmo produto.

### 3.2.7. Proposta possível para a otimização espacial do armazém

A falta de espaço é um dos problemas do caso em estudo. O mesmo problema conhece um agravamento quando se considera o carregamento de contentores, essencial para a atividade de exportação, e que é realizado no armazém. Não existe, pois, um espaço dedicado ao carregamento de contentores, pelo que esta atividade provoca sérios congestionamentos nos corredores do armazém, sobretudo no momento de preparação do material a ser colocado nos contentores.

Decorre, desta situação, que muitos artigos são armazenados no espaço exterior do armazém, ficando, por isso, sujeitos às alterações climáticas e a uma consequente degradação.

As Figuras 41 e 42 apresentam a proposta de uma nova disposição das estruturas, com vista a solucionar os problemas de espaço, ou, pelo menos, a otimizar o espaço do armazém:

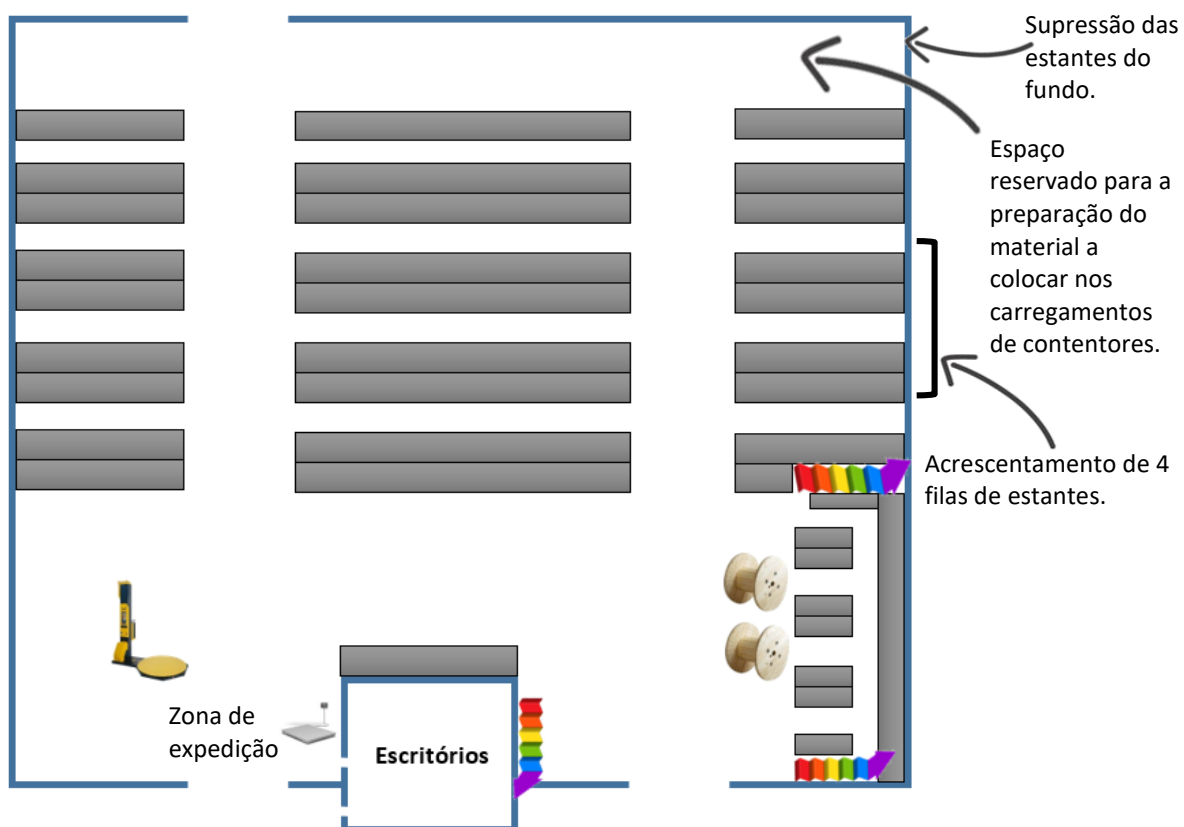


Figura 41 - Proposta de configuração para o armazém, primeiro piso. Elaboração própria.

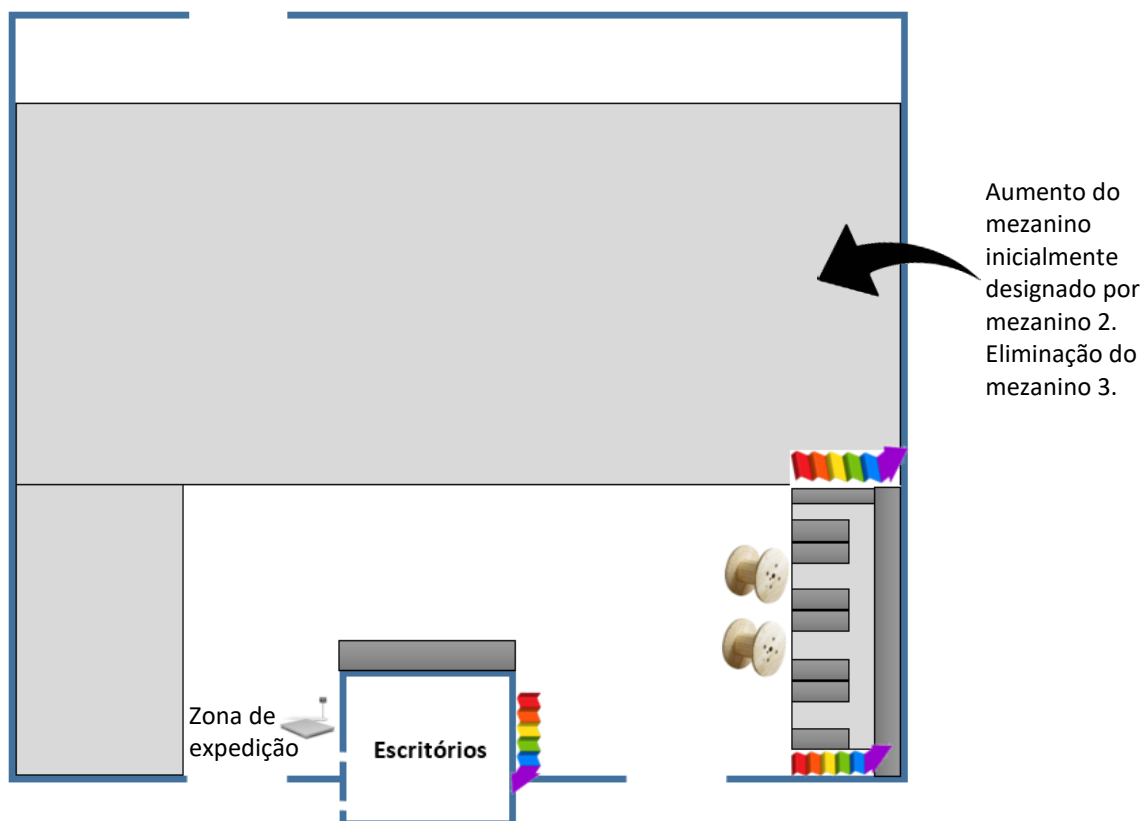


Figura 42 - Proposta de configuração para o armazém, mezaninos. Elaboração própria.

As alterações mais evidentes nesta proposta são, relativamente ao primeiro piso: a eliminação dos corredores do fundo; a eliminação das quatro estantes laterais; o acrescento de mais quatro filas de estantes a meio do armazém, aumentando, por conseguinte, o número de prateleiras para armazenamento (Figura 41). Quanto aos mezaninos, representados na figura 42, aumentou-se a área do inicialmente designado mezanino 2 e suprimiu-se o mezanino 3.

O mezanino 2 converter-se-ia num espaço amplo, isto é, sem estantes, tendo em vista as dimensões do material lá armazenado; tal não excluiria a colocação de estantes destinadas ao acondicionamento de outros tipos de artigos cujas dimensões não interferissem na fluidez de circulação no espaço.

Esta alteração na disposição espacial leva em consideração o aproveitamento máximo de dois espaços vazios a meio do armazém, não utilizados devido aos movimentos dos empilhadores. A não ser considerada uma solução definitiva, a proposta em apresentação pode, contudo, constituir uma eficaz solução temporária, até à construção de um novo armazém. Como é evidente, a existência de novos corredores entre estantes não permite os movimentos de um empilhador tradicional, pelo que a aquisição de um empilhador articulado poderia ser uma solução.



## Capítulo 4 – Conclusões

Os resultados do trabalho apresentado neste relatório foram claramente satisfatórios.

Através da definição dos códigos para a localização de cada artigo, e em conjunto com as ferramentas análise ABC e diagrama de esparguete, obteve-se uma redução significativa das distâncias percorridas, e, por conseguinte, uma diminuição nos tempos de conclusão das encomendas. Assim, relativamente à distância percorrida pelo operador na atividade de *picking*, verifica-se uma redução de 28,50%, enquanto o tempo efetuado sofreu uma diminuição de cerca de 17,40%. Acresce ainda o facto de que a aplicação das práticas anteriormente enunciadas originou 6 casos de sucesso em 7 encomendas, o que equivale a 85,7% de sucesso.

Tal significa, pois, que a empresa consegue um *picking* mais eficiente e uma maior eficácia no resultado final (otimização do *picking*), se houver recursos às ferramentas aplicadas no caso em estudo.

A aplicação do *solver* a duas situações distintas traduziu-se em resultados díspares para cada um dos casos. A aplicação direta do *solver* ao atual sistema de *picking* do armazém implicou um maior número de casos em que houve melhorias, do que a aplicação da mesma ferramenta após prévia aplicação da análise ABC. Conclui-se, portanto, que a combinação da ferramenta ABC com o *solver* não é eficaz. A empresa apenas consegue usufruir das respetivas ferramentas utilizando-as de forma individual.

No que respeita à ferramenta mais vantajosa para a empresa em situação real, concluiu-se que ambas têm potencialidades de serem aplicadas se utilizadas separadamente, pois, ambas apresentam 4 casos de sucesso em 5 encomendas (melhoria de 80%).

O estudo da implementação de um sistema de código de barras permitiu concluir que o gasto suportado pela empresa na localização de artigos pode ser evitado através desta medida. Ao recorrer ao sistema de codificação de barras, a empresa não só eliminaria os custos relacionados com a retificação de encomendas, como poderia aplicar as verbas atualmente despendidas para aquele fim ao melhoramento das atividades logísticas. Assim, evitava-se a insatisfação que estes erros criam no cliente, que afetam negativamente a imagem da empresa.

A viabilidade da proposta de uma nova configuração espacial do armazém torna necessária a realização de um projeto em 3D da mesma. Só desta forma se consegue avaliar a pertinência de uma tal implementação, quer quanto ao número certo de estantes a acrescentar e a eliminar, quer quanto ao peso que a extensão da plataforma poderá suportar.

### 4.1. Trabalhos futuros

Uma vez que o armazém em estudo apresenta potencialidade de melhoramento, e a título de seguimento ao presente estudo, explicitam-se vários pontos a levar em atenção num trabalho futuro.

Uma prática muito presente nos dias de hoje, em falta no armazém em questão, consiste na aplicação de conceitos e práticas *Lean*. Durante o período de estágio, adotaram-se algumas medidas nesse sentido, mas o processo foi apenas incipiente, pelo que seria considerado vantajoso a elaboração de um estudo acerca desta temática.

Outro ponto relevante a considerar seria a realização de um estudo sobre os custos de *stock*, no sentido de compreender como ocorrem tais custos e de verificar se a empresa pratica *stocks* de segurança e *stocks* máximos, e se tem em conta custos como o custo de posse, o custo de rutura e o custo de encomenda. Um processo desta natureza colocaria a empresa num estatuto mais competitivo perante a concorrência.

Uma outra iniciativa com potencialidade, enquanto tema para um trabalho futuro, seria o estudo do conceito de *repacking*, ou seja, realização da análise de um novo *layout* no armazém incluindo o conceito em estudo. De acordo com a aplicação do conceito de *repacking*, as embalagens encetadas para retirar produtos para expedição seriam colocadas num local



estratégico a definir no espaço do armazém, sendo feita a atualização do material pelo sistema sob forma de saída, e recolocação na embalagem, em conjunto com o restante material no lugar de onde saiu.

## Referências

- A. Courtois, Maurice Pillet, C. M.-B. (2007). Gestão da Produção. Retrieved November 22, 2017, from [http://www.almedina.net/catalog/product\\_info.php?products\\_id=7164](http://www.almedina.net/catalog/product_info.php?products_id=7164)
- Bajus, R., & Hudáková Stašová, L. (2014). Implementation of the ABC Model in a Company Dealing with Extraction of Raw Materials. *Business, Management and Education*, 12(2), 228–244. <https://doi.org/10.3846/bme.2014.234>
- Beheshti, H. M., Grgurich, D., & Gilbert, F. W. (2012). ABC inventory management support system with a clinical laboratory application. *Journal of Promotion Management*, 18(4), 414–435. Doi:10.1080/10496491.2012.715502
- Benevides, P. F., Konowalenko, F., Bertholdi Costa, D. M., Nunes, L. F., & Barboza, A. O. (2012). APLICAÇÃO E ANÁLISE DE ALGUNS PROCEDIMENTOS DE CONTRUÇÃO DE ROTA PARA O PRO...: Sistema de descoberta para FCCN. *Revista Ingeniería Industrial*, 11(1), 17–25. Retrieved from <https://eds.b.ebscohost.com/eds/detail/detail?vid=0&sid=dd48d7f9-5734-4ab8-a381-169f893ffbec%40sessionmgr120&bdata=JkF1dGhUeXBIPWlwLGNvb2tpZSxaGliLHVpZCZsYW5nPXBOUWJyJnNpdGU9ZWRzLWxpdmUmc2NvcGU9c2l0ZQ%3D%3D#db=a9h&AN=83812847>
- Bragg, S. (2004). *Inventory Best Practices*, 1ª Edição. New Jerse: John Wiley & Sons, Hoboken.
- Cakmak, E., Gunay, N. S., Aybakan, G., & Tanyas, M. (2012). Determining the Size and Design of Flow Type and U-Type Warehouses. *Procedia - Social and Behavioral Sciences*, 58, 1425–1433. <https://doi.org/10.1016/J.SBSPRO.2012.09.1127>
- Carvalho, J. C. de. (2010). Logística e Gestão da Cadeia de Abastecimento. In M. Robalo (Ed.), *Logística e Gestão da Cadeia de Abastecimento* (1a Edição, p. Cap.3 (131-147) Cap.6 (244-292)). Lisboa: Edições Sílabo, Lda.
- Carvalho, J. C., Guedes, A. P., Arantes, A. M., Martins, A. L., Póvoa, A. B., Luís, C. A., et al. (2012). *Logística e Gestão da Cadeia de Abastecimento*. Lisboa: Sílabo.
- Carvalho, J. M., & Guedes, A. P. (2010) *Logística e Gestão da Cadeia de Abastecimentos*. Lisboa: Sílabo.
- Carvalho, José Crespo de – Logística. 3ª ed. Lisboa: Sílabo, 2002. 324 p. ISBN 9789726182795
- Çavdar, B., & Sokol, J. (2015). TSP Race: Minimizing completion time in time-sensitive applications. *European Journal of Operational Research*, 244(1), 47–54. <https://doi.org/10.1016/J.EJOR.2014.12.022>
- Dallari, F., Marchet, G., & Melacini, M. (2009). Design of order picking system. *The International Journal of Advanced Manufacturing Technology*, 42(1–2), 1–12. <https://doi.org/10.1007/s00170-008-1571-9>
- De Koster, M. B. M. (2008). Warehouse assessment in a single tour, 39–60. Retrieved from <https://www.eurandom.tue.nl/events/workshops/2009/warehousing/dekoster1.pdf>
- De Koster, R., How to assess a warehouse operation in a single tour, Report, RSM Erasmus University, the Netherlands, 2004.

- de Koster, R., Le-Duc, T., & Roodbergen, K. J. (2007). Design and control of warehouse order picking: A literature review. *European Journal of Operational Research*, 182(2), 481–501. <https://doi.org/10.1016/j.ejor.2006.07.009>
- Dekker, R., De Koster, M. B. M., Roodbergen, K. J., & Van Kalleveen, H. (2004). Improving order-picking response time at Ankor's warehouse. *Interfaces*. <https://doi.org/10.1287/inte.1040.0083>
- Dukic, G. (2016). Order-picking routing policies : Simple heuristics , advanced heuristics or optimal algorithm, (January 2004).
- Dukić, G., Česnik, V., & Opetuk, T. (2010). Order-picking methods and technologies for greener warehousing, 52(1), 23–31. Retrieved from <https://www.scopus.com/record/display.uri?eid=2-s2.0-77955641533&origin=inward&txGid=c60364d6d132520b9bb2c376ee3693fa>
- Frazelle, E., York, N., San, C., Lisbon, F., Madrid, L., City, M., ... Toronto, S. (2002). SUPPLY CHAIN STRATEGY The Logistics of Supply Chain Management McGraw-Hill. In *SUPPLY CHAIN STRATEGY The Logistics of Supply Chain Management McGraw-Hill* (p. 369). Retrieved from [https://s3.amazonaws.com/academia.edu.documents/32893345/book\\_-\\_Supply\\_Chain\\_Strategy\\_-\\_The\\_Logistics\\_of\\_Supply\\_Chain\\_Management.pdf?AWSAccessKeyId=AKIAIWOWYYGZ2Y53UL3A&Expires=1512498029&Signature=WWC%2Bkieq8sVqPydmESnKSmZWUj8%3D&response-content-disposi](https://s3.amazonaws.com/academia.edu.documents/32893345/book_-_Supply_Chain_Strategy_-_The_Logistics_of_Supply_Chain_Management.pdf?AWSAccessKeyId=AKIAIWOWYYGZ2Y53UL3A&Expires=1512498029&Signature=WWC%2Bkieq8sVqPydmESnKSmZWUj8%3D&response-content-disposi)
- Gomes Júnior, A. de C., & Freitas Souza, M. J. (2004). SOLVER(EXCEL): MANUAL DE REFERÊNCIA, 19. Retrieved from [http://www.decom.ufop.br/marcone/Disciplinas/OtimizacaoCombinatoria/solver\\_p.pdf](http://www.decom.ufop.br/marcone/Disciplinas/OtimizacaoCombinatoria/solver_p.pdf)
- Gomes Taufer, F. S., & Pereira, E. C. (2011). Aplicação Do Problema Do Caixeiro Viajante Na Otimização. *Encontro Nacional de Engenharia de Produção*.
- Gu Jinxiang, Goetschalckx Marc, F. M. L. (2007). Research on warehouse operation: A comprehensive review. *European Journal of Operational Research*, 177, 1–21. <https://doi.org/10.1016/j.ejor.2006.02.025>
- Hong-ying, S., & Sun. (2009). The Application of Barcode Technology in Logistics and Warehouse Management. In *2009 First International Workshop on Education Technology and Computer Science* (pp. 732–735). IEEE. <https://doi.org/10.1109/ETCS.2009.698>
- Horta, M., Coelho, F., & Relvas, S. (2016). Layout design modelling for a real world just-in-time warehouse. *Computers & Industrial Engineering*, 101, 1–9. <https://doi.org/10.1016/J.CIE.2016.08.013>
- Kampf, R., Lorincová, S., Hitka, M., & Caha, Z. (2016). The Application of ABC Analysis to Inventories in the Automatic Industry Utilizing the Cost Saving Effect. *Naše More*, 63(3), 120–125. <https://doi.org/10.17818/NM/2016/SI8>
- LIMA, Maurício – Armazenagem: considerações sobre a actividade de picking [Em linha]. 2009.
- Luiz De Oliveira, F., Monteiro, H., & Ferrari, V. M. (2014). APLICAÇÃO DO PROCESSO “LEAN

- MANUFACTURING & NA CABINE DE PINTURA DE AERONAVES. Retrieved from [http://biblioteca.univap.br/dados/000003/0000039E.L.eMonteiro\\_H..pdf](http://biblioteca.univap.br/dados/000003/0000039E.L.eMonteiro_H..pdf)
- Malmborg, C. J. (1995). Optimization of cube-per-order index warehouse layouts with zoning constraints: Sistema de descoberta para FCCN. Retrieved November 21, 2017, from <http://eds.a.ebscohost.com/eds/pdfviewer/pdfviewer?vid=2&sid=16ecf379-92d0-4b3b-9672-6d027458b485%40sessionmgr4006>
- Medeiros, A. (1999). ESTRATÉGIAS DE PICKING NA ARMAZENAGEM O QUE É A ATIVIDADE DE PICKING E QUAL SUA IMPORTÂNCIA? Retrieved from [http://www.prologbr.com.br/arquivos/documentos/estrategias\\_de\\_picking\\_na\\_armazenagem.pdf](http://www.prologbr.com.br/arquivos/documentos/estrategias_de_picking_na_armazenagem.pdf)
- Petersen, C. G. (1999). The impact of routing and storage policies on warehouse efficiency. *International Journal of Operations & Production Management*, 19(10), 1053–1064. <https://doi.org/10.1108/01443579910287073>
- Prince, P., & Harrison, R. B. (2013). RFID a “Very Big Part of Macy”s Future’. *RFID Journal*. Retrieved from <http://www.rfidjournal.com/articles/pdf?10783>
- Reif, R., & Günthner, W. A. (2009). Pick-by-vision: augmented reality supported order picking. *The Visual Computer*, 25(5–7), 461–467. <https://doi.org/10.1007/s00371-009-0348-y>
- RICHARDS, G. (2017). *WAREHOUSE MANAGEMENT a complete guide to improving efficiency and minimizing costs in... the modern warehouse*. KOGAN PAGE. Retrieved from [https://books.google.pt/books?hl=pt-PT&lr=&id=bDw7DwAAQBAJ&oi=fnd&pg=PP1&dq=Warehouse+management%3B+a+complete+guide+to+improving+efficiency+and+minimizing+costs+in+the+modern+warehouse&ots=zU4PGKUMgF&sig=59d6qnPM21PS6nvxx0ayeTbAwd0&redir\\_esc=y#v=onepage&](https://books.google.pt/books?hl=pt-PT&lr=&id=bDw7DwAAQBAJ&oi=fnd&pg=PP1&dq=Warehouse+management%3B+a+complete+guide+to+improving+efficiency+and+minimizing+costs+in+the+modern+warehouse&ots=zU4PGKUMgF&sig=59d6qnPM21PS6nvxx0ayeTbAwd0&redir_esc=y#v=onepage&)
- RODRIGUES, Alexandre – Estratégias de picking na armazenagem [Em linha]. 2008.
- Rushton, A., Crouche, P., & Baker, P. (Eds.). (2010). The handbook of logistics & distribution management (4th ed.).
- Sarkar, A., Mukhopadhyay, A. R., & Ghosh, S. K. (2013). Issues in Pareto analysis and their resolution. *Total Quality Management & Business Excellence*, 24(5–6), 641–651. <https://doi.org/10.1080/14783363.2012.704265>
- Scalabrin, I., Mores, C. J., Bodanese, R. E., & Oliveira, J. A. de. (2006). Programação Linear: Estudo de Caso com Utilização do Solver da Microsoft Excel. *Revista Universo Contábil*, 2(2), 54–66. Retrieved from <http://gorila.furb.br/ojs/index.php/universocontabil/article/view/121>
- Scholz, A., Wäscher, G., Scholz, B. A., & De, A. S. (2017). Order Batching and Picker Routing in manual order picking systems: the benefits of integrated routing. *Central European Journal of Operations Research*, 25, 491–520. <https://doi.org/10.1007/s10100-017-0467-x>
- Theys, C., Bräysy, O., Dullaert, W., & Raa, B. (2010). Using a TSP heuristic for routing order pickers in warehouses. *European Journal of Operational Research*, 200(3), 755–763. <https://doi.org/10.1016/J.EJOR.2009.01.036>

TOMPKINS, J. A.; WHITE, J. A.; BOZER, Y. A.; TANCHOCO, J. M. A. – Facilities planning. 3<sup>a</sup> ed. New Jersey: John Wiley & Sons, Inc., 2003. 750p. ISBN 0-471-38937-4

Turri, A. M., Smith, R. J., & Kopp, S. W. (2017). Privacy and RFID Technology: A Review of Regulatory Efforts. *Journal of Consumer Affairs*, 51(2), 329–354.  
<https://doi.org/10.1111/joca.12133>

Waters, D., 2003. *Logistics An Introduction to Supply Chain Management*, Palgrave MacMillan, New York

Anexos

# Anexo A – Nota de encomenda

Exmo.(s) Sr.(s)

████████████████████████████████████████

████████████████████████████████████████

██████████

██████████

ESTE DOCUMENTO NÃO SERVE DE FACTURA

ORIGINAL		Pág. 1 / 1	Condição de Pagamento PAG. A 30 DIAS	Data Entrega 18/10/2017	Data Doc. 18/10/2017			
Nº de Contribuinte	Cliente Nº	Desc.	Nº Requisição	Data Req.	Moeda	Câmbio	Vend.	Encomenda de Cliente
██████████	██████	██████	██████	18/10/2017	EUR	1,000000	██	██████████

Arm	Local	Cód. Artigo	Descrição	Data Ent.	Qtd.	Un
2	A1: Y8.020 / A2: B36	██████	Artigo 484	18/10/2017	3,000	UN
2	A1: AL.07 / A2: A10	██████	Artigo 175	18/10/2017	20,000	UN
2	A1: AL.06 / A2: A7	██████	Artigo 233	18/10/2017	20,000	UN
2	A2: A7	██████	Artigo 747	18/10/2017	10,000	UN
2	A1: DT.35 / A2: PGT.10	██████	Artigo 50	18/10/2017	50,000	UN

---

Emitido por programa certificado nº 0181/AT

Obs.: MP

Meio de Expedição: ██████████

Local de Carga: ██████████

Local de Descarga: ██████████

ENCVnd\_s\_preco.rpt

**Resumo de Impostos**

Descrição	Taxa	Incidência	Imposto	Retenção
IVA	██████	██████	██████	

Figura 43 - Nota de encomenda da respetiva "Encomenda 2".

Anexo B – Diagramas de esparguete (*Picking* atual)

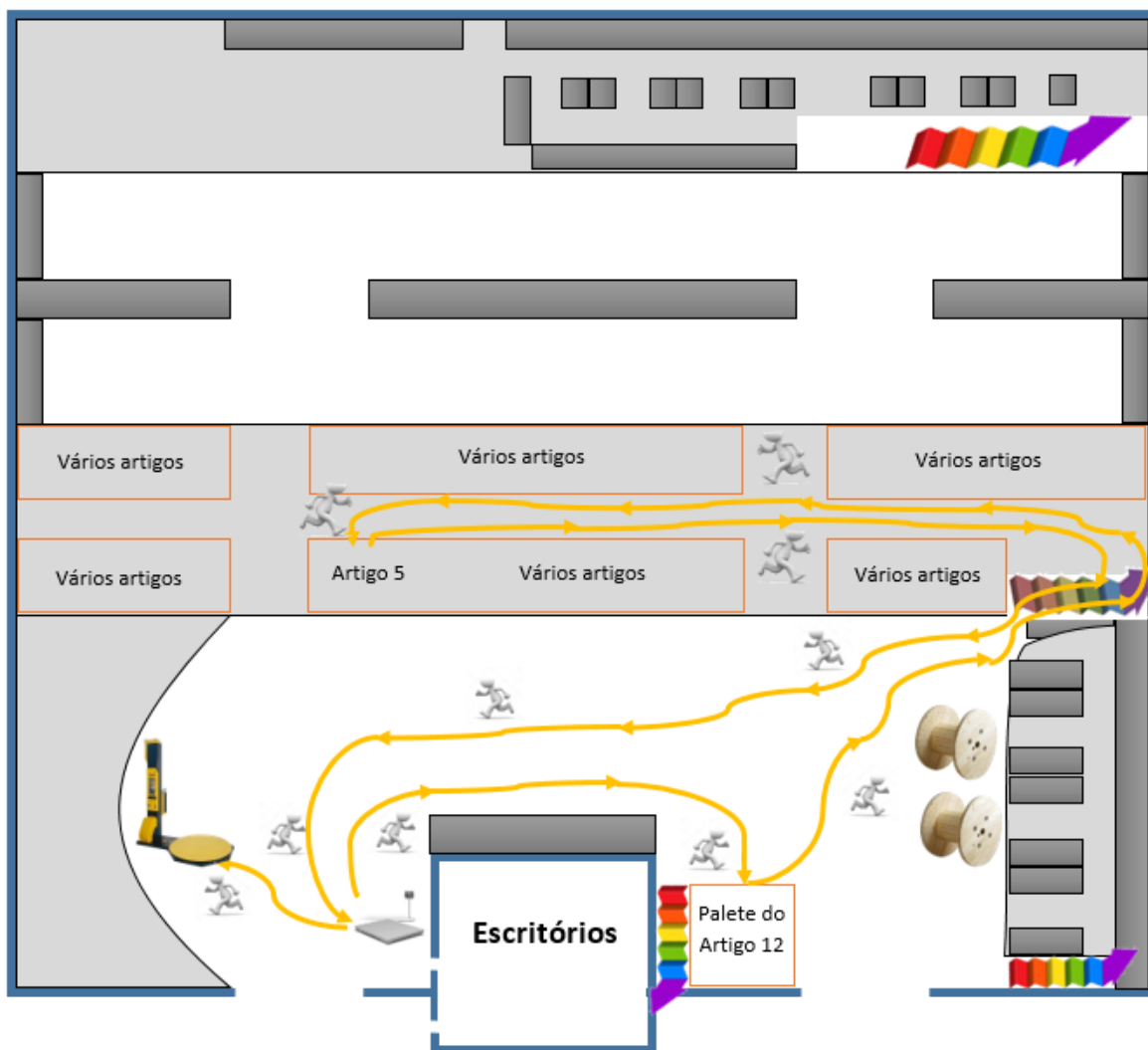


Figura 44 - Diagrama de esparguete da nota de encomenda 1, *picking* atual. Elaboração própria.



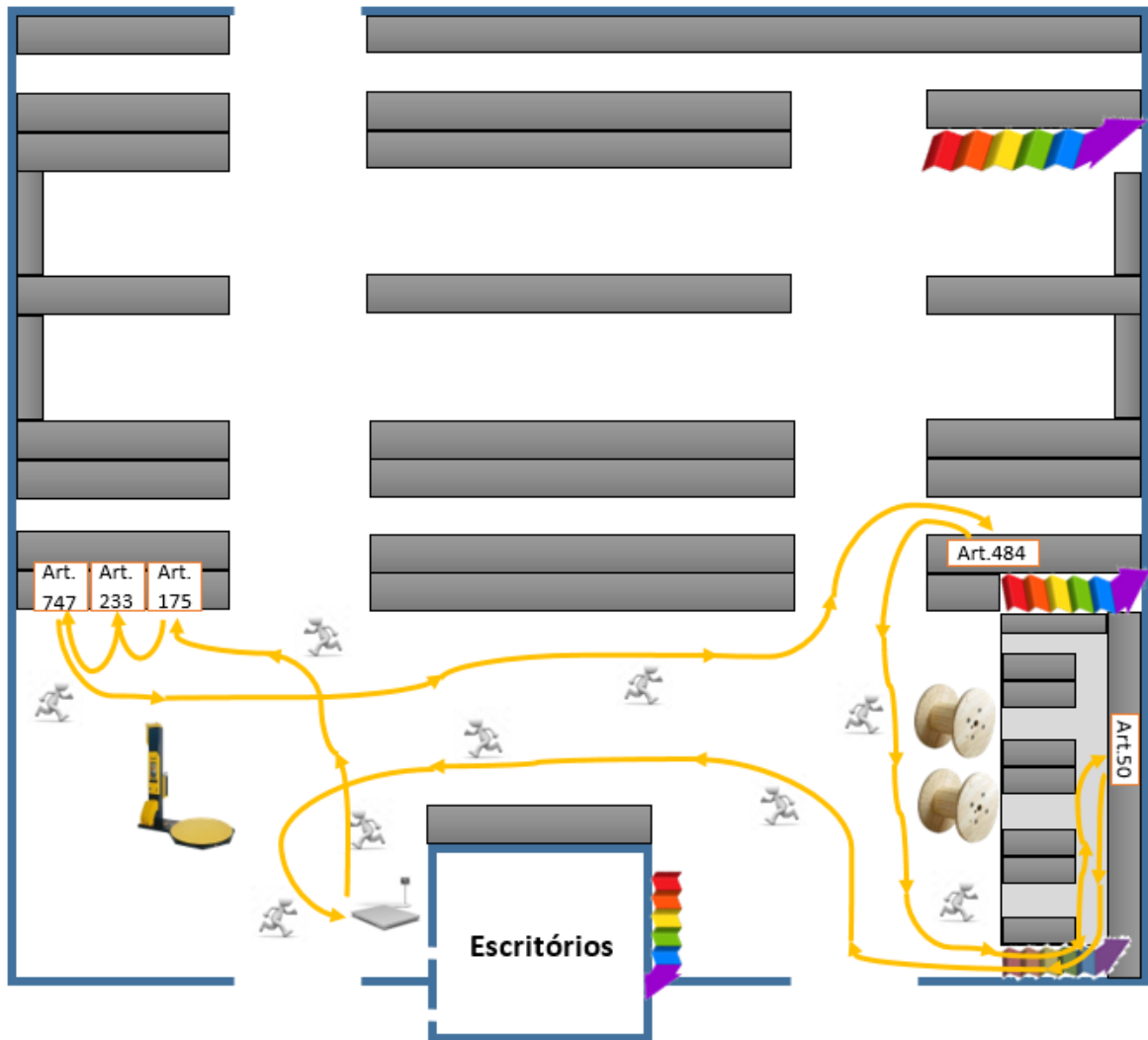


Figura 45 - Diagrama de esparguete da nota de encomenda 2, *picking* atual. Elaboração própria.

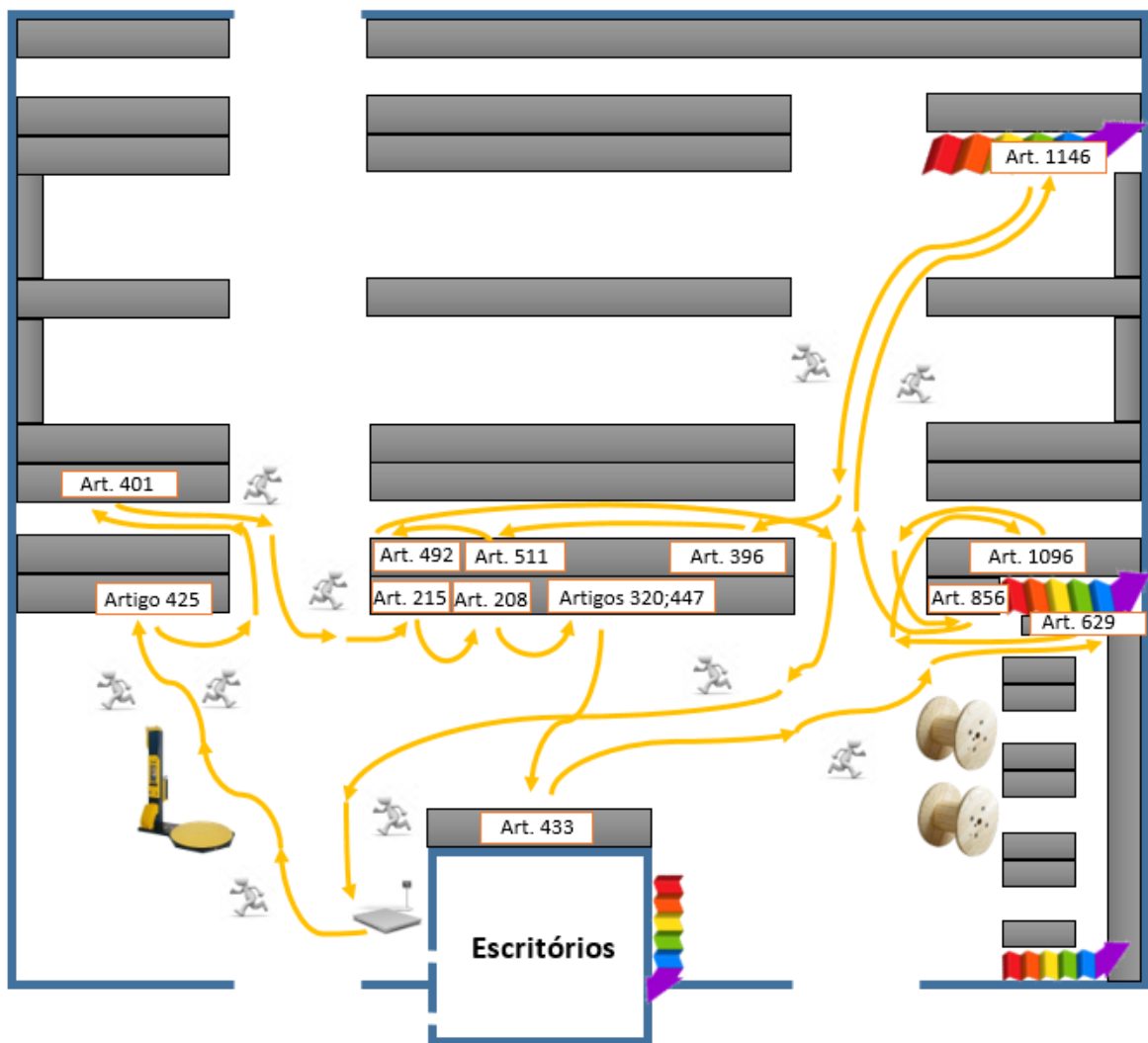


Figura 46 - Diagrama de esparguete da nota de encomenda 3, *picking* atual. Elaboração própria.

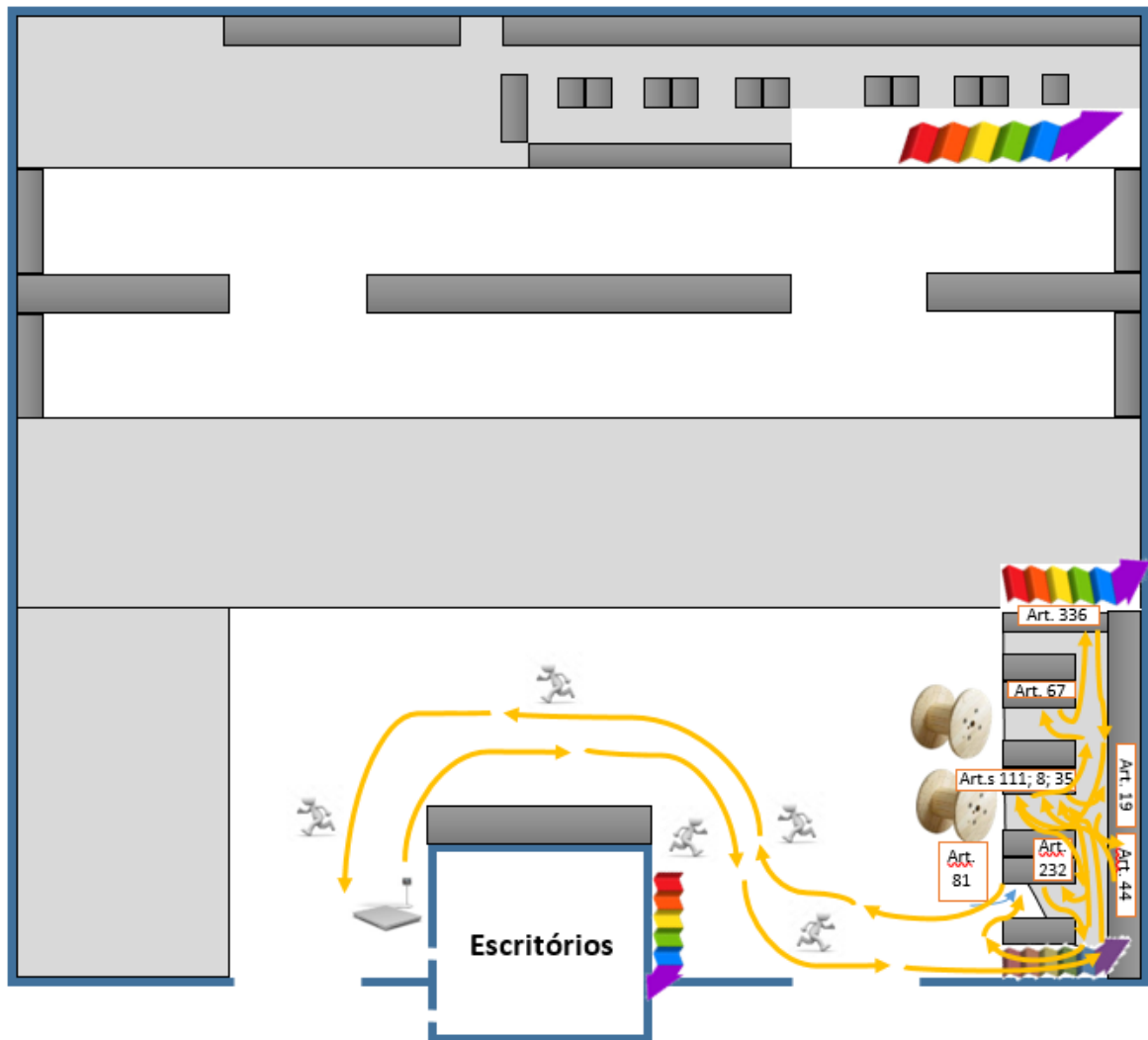


Figura 47 - Diagrama de esparguete da nota de encomenda 4, *picking* atual. Elaboração própria.

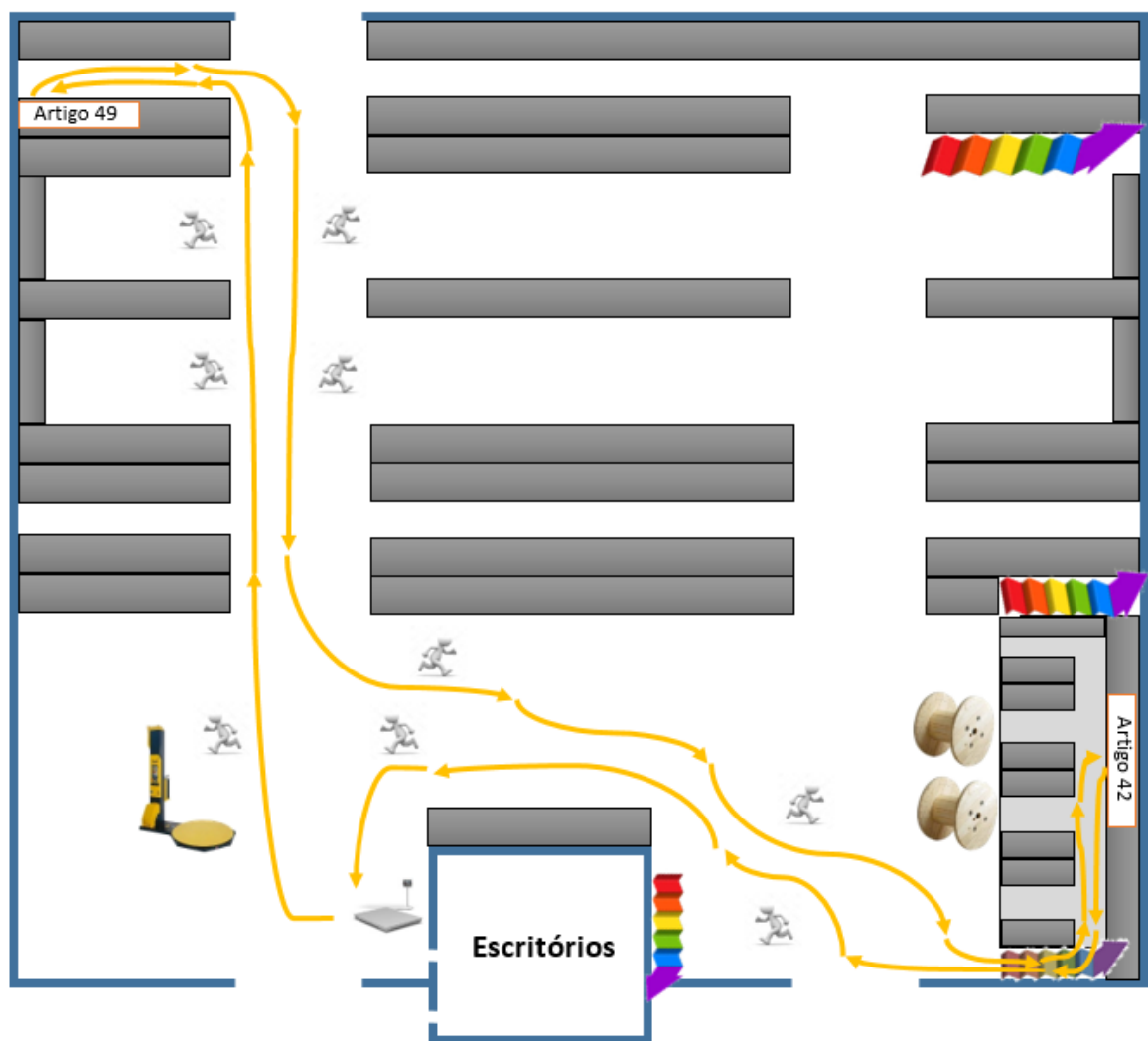


Figura 48 - Diagrama de esparguete da nota de encomenda 5, *picking* atual. Elaboração própria.



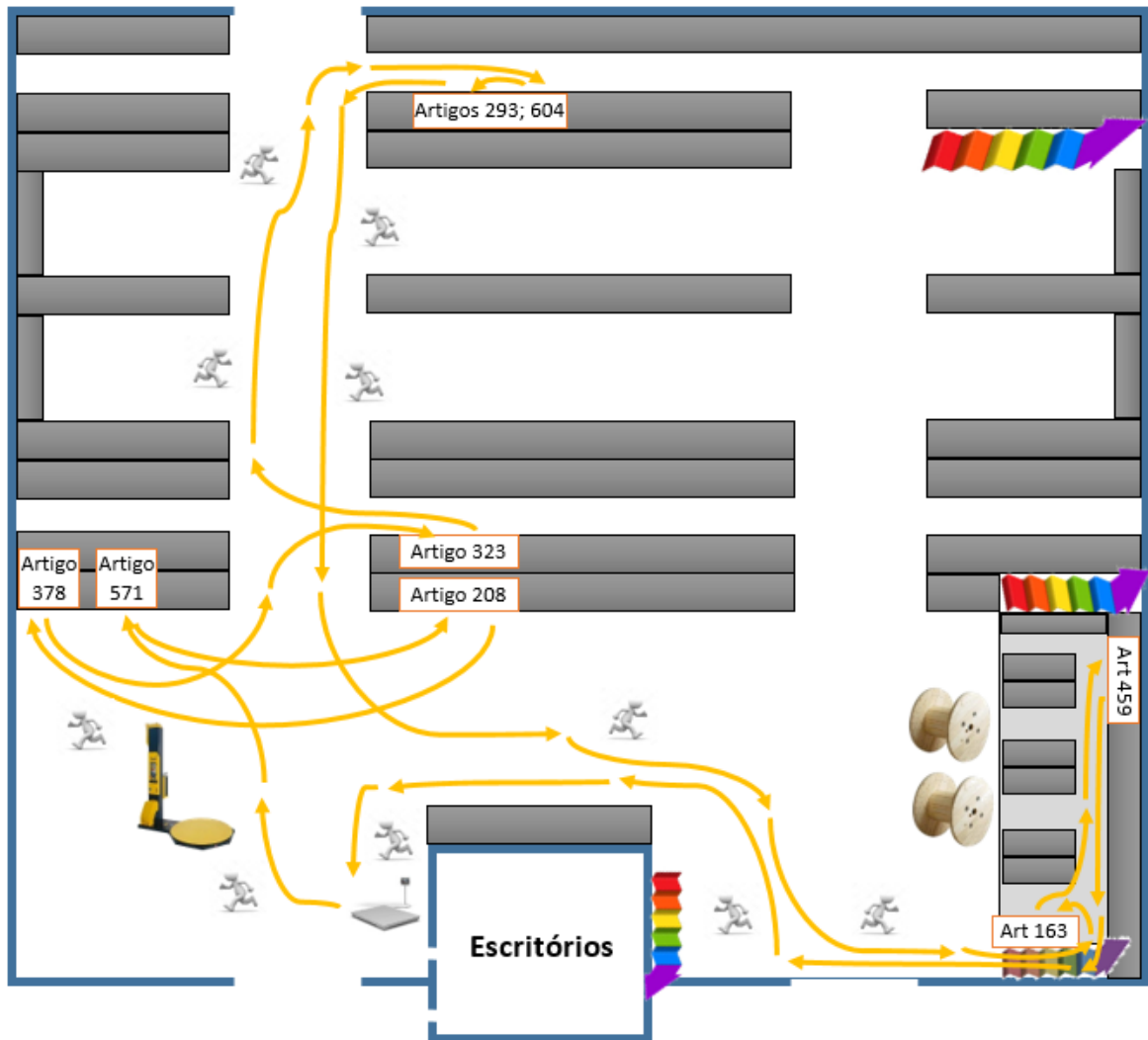


Figura 50 - Diagrama de esparguete da nota de encomenda 7, *picking* atual. Elaboração própria.

## Anexo C – Lista de artigos

Tabela 8 - Excerto da tabela da lista de artigos e das suas quantidades vendidas correspondente aos meses abril a julho do ano 2017, e aplicação da ferramenta análise ABC. Elaboração própria.

Designação do artigo	Quantidade	% da Quantidade	% Acumulada das Quantidades	% do Grupo	Classificação ABC
Artigo 1	250 900	10,79057848	10,79057848		A
Artigo 2	204 800	8,807933331	19,59851181		A
Artigo 3	158 800	6,82958893	26,42810074		A
Artigo 4	137 000	5,892025715	32,32012646		A
Artigo 5	125 800	5,410341861	37,73046832		A
Artigo 6	88 000	3,784658853	41,51512717		A
Artigo 7	87 200	3,750252864	45,26538003		A
...	...	...	...	...	...
Artigo 47	7 230	0,310944131	80,80096125	80,80096125	A
Artigo 48	6 993	0,300751356	81,10171261		B
Artigo 49	6 745	0,2900855	81,39179811		B
Artigo 50	6 650	0,285999788	81,6777979		B
Artigo 51	6 278	0,270001003	81,9477989		B
Artigo 52	6 245	0,268581756	82,21638066		B
Artigo 53	6 150	0,264496045	82,4808767		B
Artigo 54	5 900	0,253744173	82,73462087		B
...	...	...	...	...	...
Artigo 241	430	0,018493219	97,09701372	15,99530112	B
Artigo 242	426	0,018321189	97,11533491		C
Artigo 243	425	0,018278182	97,1336131		C
Artigo 244	425	0,018278182	97,15189128		C
Artigo 245	420	0,018063145	97,16995442		C
Artigo 246	420	0,018063145	97,18801757		C
Artigo 247	416	0,017891115	97,20590868		C
Artigo 248	415	0,017848107	97,22375679		C
...	...	...	...	...	...
Artigo 1298	0	0	100	2,884665086	C
Total	2 325 176,5				

## Anexo D – Gráfico de Pareto

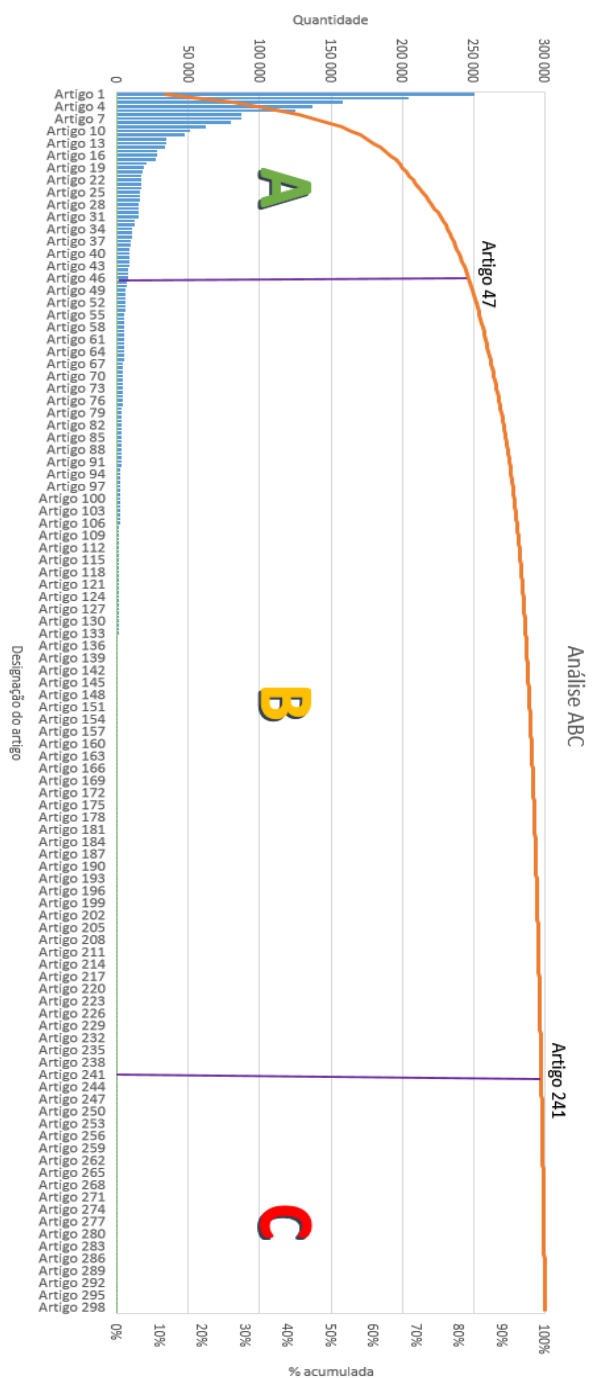


Figura 51 - Gráfico de Pareto, resultado da tabela do Anexo C.



## Anexo E – Lista dos códigos de localização de cada artigo.

Tabela 9 - Excerto da lista de codificação de localização para cada artigo. ■ Eliminou-se estante.

Armazém	Piso	Corredor	Estante (= coluna)	Prateleira (= estante)	Designação do produto	Código de localização
1	1	1E	1	1	Artigos 1, 6	1.1.1E.1.1
				2	Artigos 8; 11	1.1.1E.1.2
				3	Artigos 16; 18	1.1.1E.1.3
				4	Artigos 19; 25	1.1.1E.1.4
				5	Artigos 26; 27	1.1.1E.1.5
			2	1	Artigos 29; 30	1.1.1E.2.1
				2	Artigos 31; 32	1.1.1E.2.2
				3	Artigos 33; 35	1.1.1E.2.3
			3	1	Artigos 36; 39	1.1.1E.3.1
				2	Artigos 41; 42	1.1.1E.3.2
				3	Artigos 44; 46	1.1.1E.3.3
				4	Artigos 47; 52	1.1.1E.3.4
		1C	1	1	Artigo 2	1.1.1C.1.1
				2	Artigo 9	1.1.1C.1.2
				3	Artigo 15	1.1.1C.1.3
				4	Artigo 23	1.1.1C.1.4
			2	1	Artigo 3	1.1.1C.2.1
				2	Artigo 10	1.1.1C.2.2
				3	Artigo 17	1.1.1C.2.3
				4	Artigo 24	1.1.1C.2.4
			3	1	Artigo 4	1.1.1C.3.1
				2	Artigo 12	1.1.1C.3.2
				3	Artigo 20	1.1.1C.3.3
				4	Artigo 28	1.1.1C.3.4
			4	1	Artigo 5	1.1.1C.4.1
				2	Artigo 13	1.1.1C.4.2
				3	Artigo 21	1.1.1C.4.3
				4	Artigo 34	1.1.1C.4.4
			5	1	Artigo 50	1.1.1C.5.1
		1D	1	1	Artigo 7	1.1.1D.1.1
				2	Artigo 14	1.1.1D.1.2
				3	Artigo 22	1.1.1D.1.3
				4	Artigo 37	1.1.1D.1.4
				5	Artigo 38	1.1.1D.1.5
		1D1	1	1	Artigo 40	1.1.1D1.1.1
				2		
				3	Artigo 43	1.1.1D1.1.2
				4		
				5		
			2	1	Artigo 45	1.1.1D1.2.1
				2		
				...	...	...

Anexo F – Diagramas de esparguete (Após nova disposição dos artigos-análise ABC)

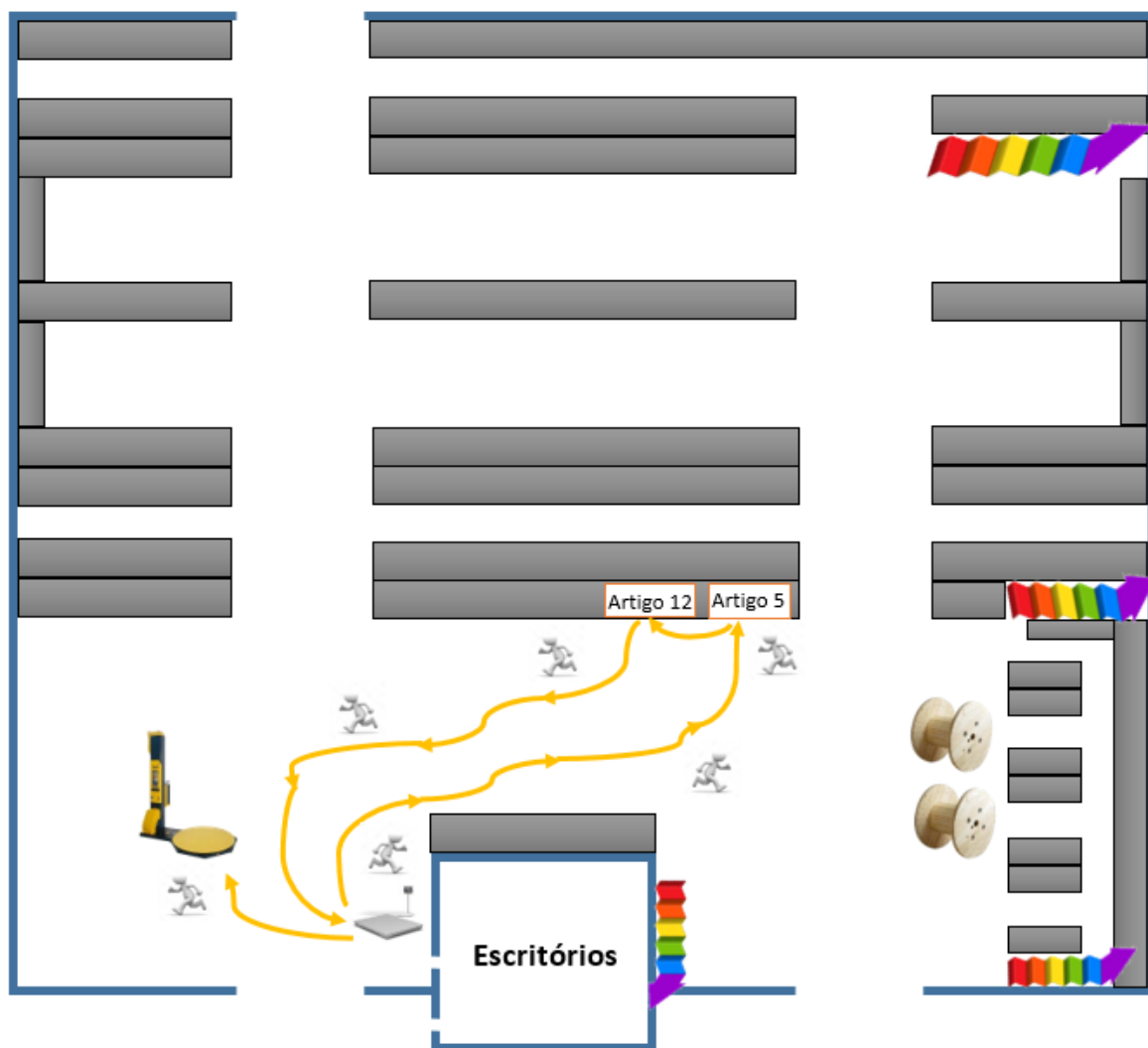


Figura 52 - Diagrama de esparguete da nota de encomenda 1, após nova disposição dos artigos. Elaboração própria.

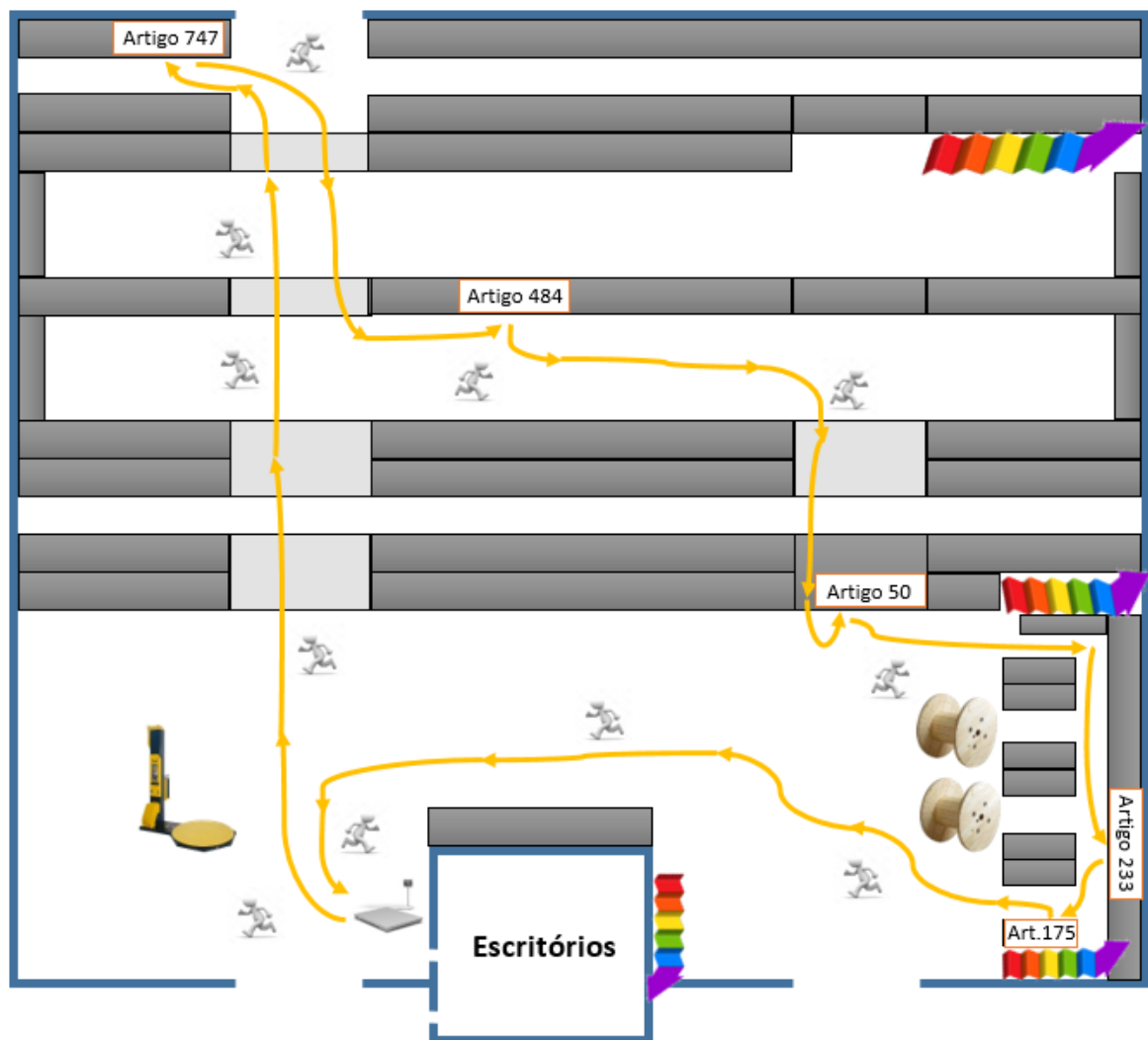


Figura 53 - Diagrama de esparguete da nota de encomenda 2, após nova disposição dos artigos. Elaboração própria.

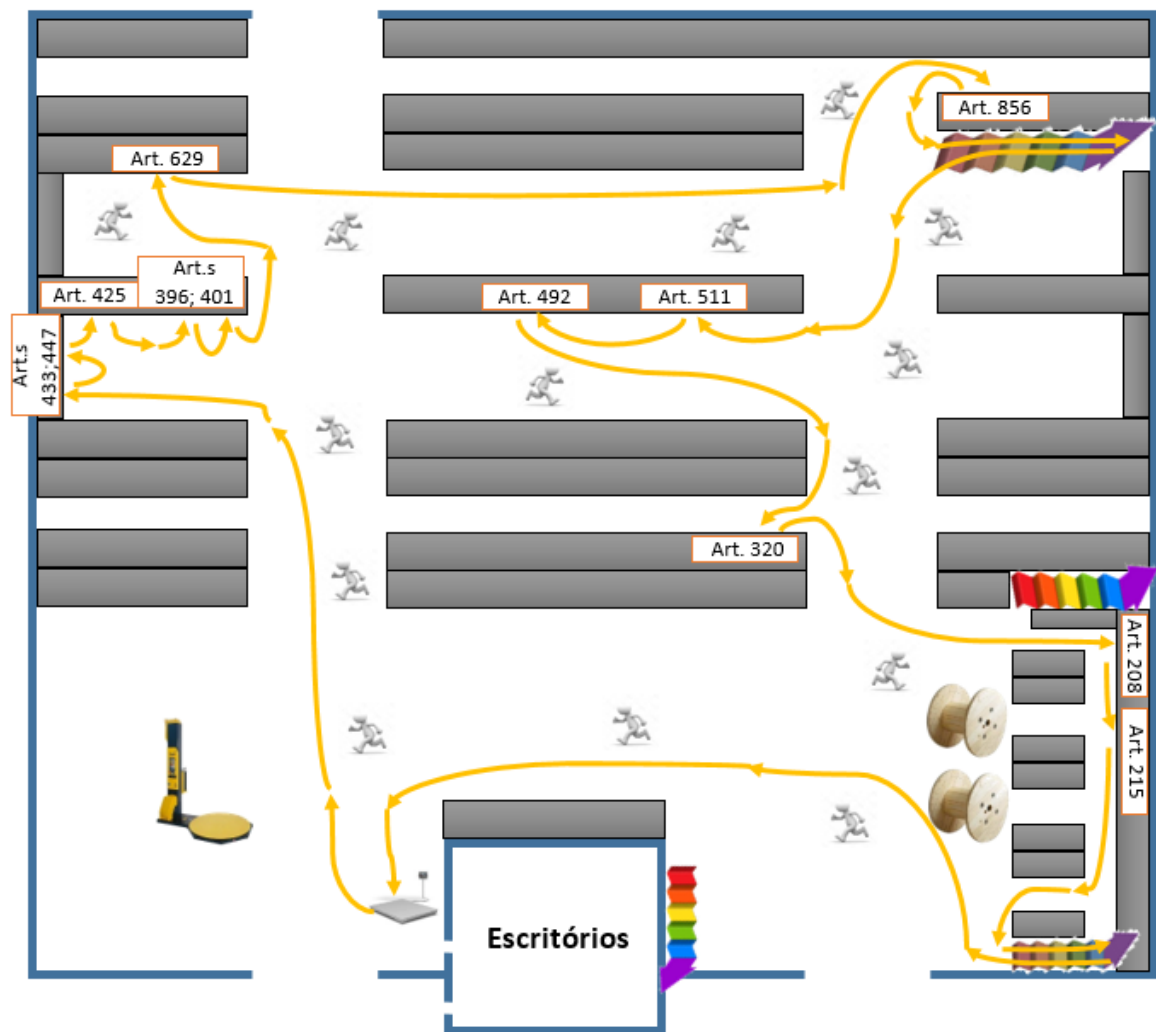


Figura 54 - Diagrama de esparguete da nota de encomenda 3, após nova disposição dos artigos. Elaboração própria.

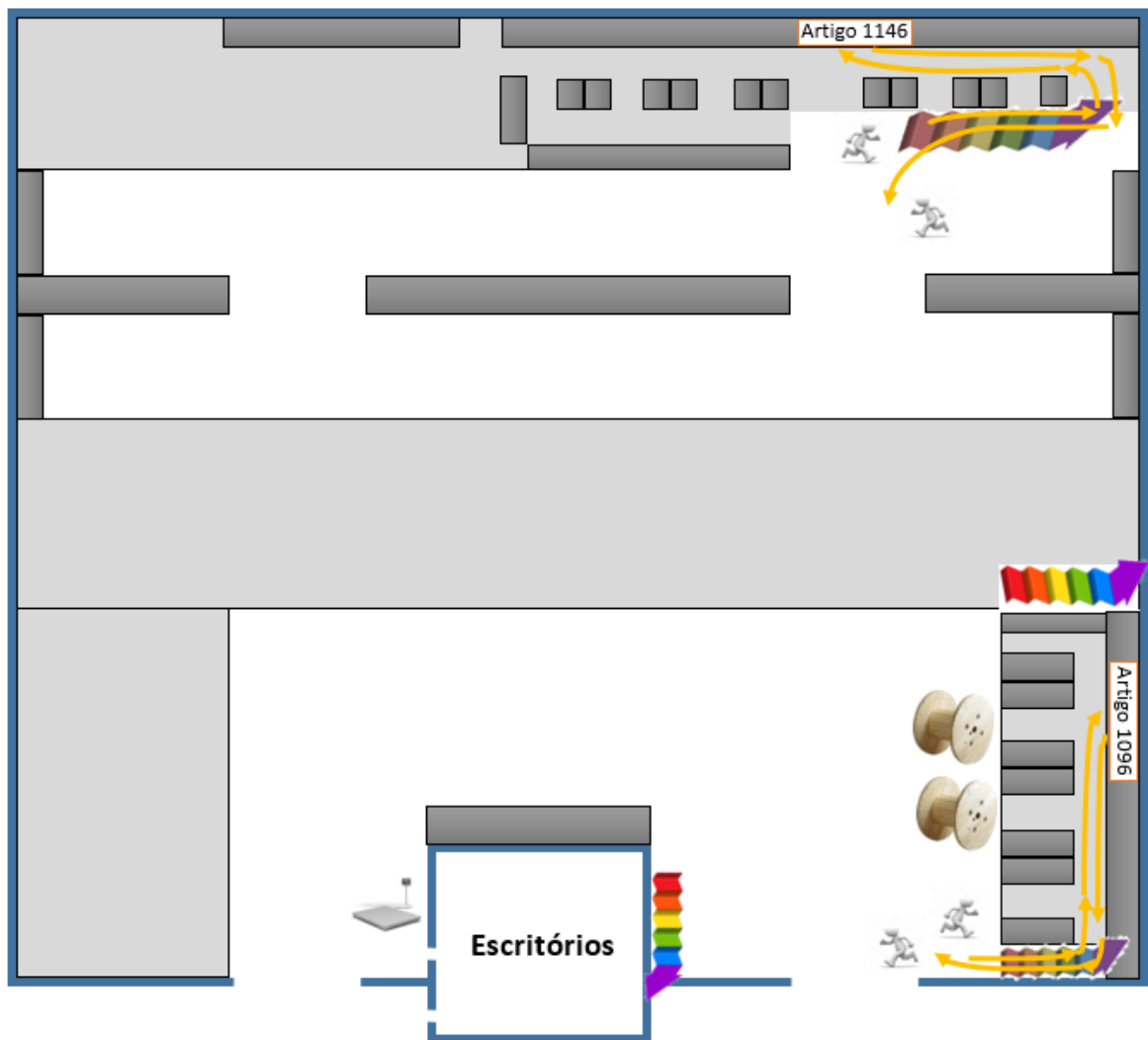


Figura 55 - Continuação do diagrama de esparguete da nota de encomenda 3, após nova disposição dos artigos.  
Elaboração própria.

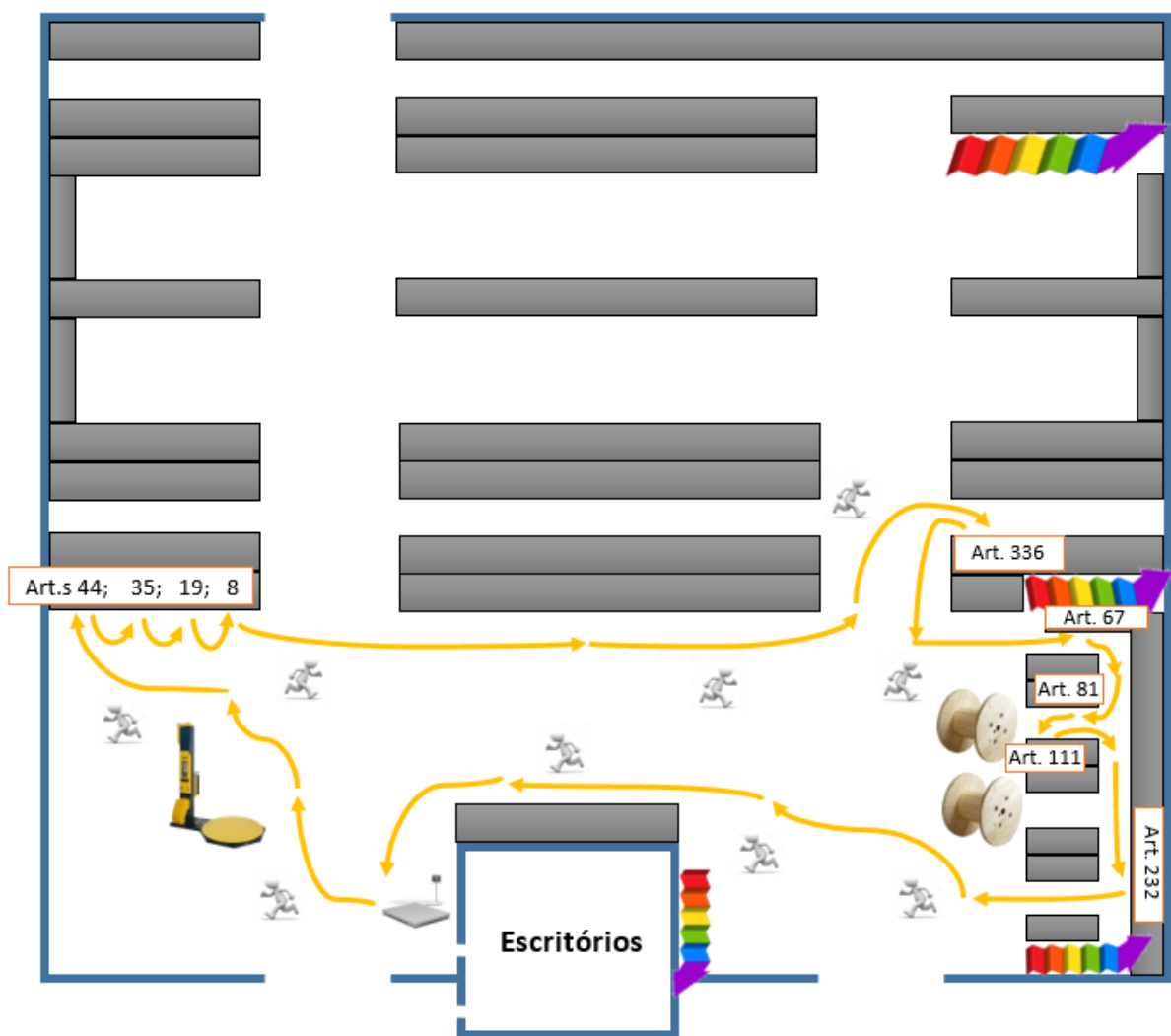


Figura 56 - Diagrama de esparguete da nota de encomenda 4, após nova disposição dos artigos. Elaboração própria.

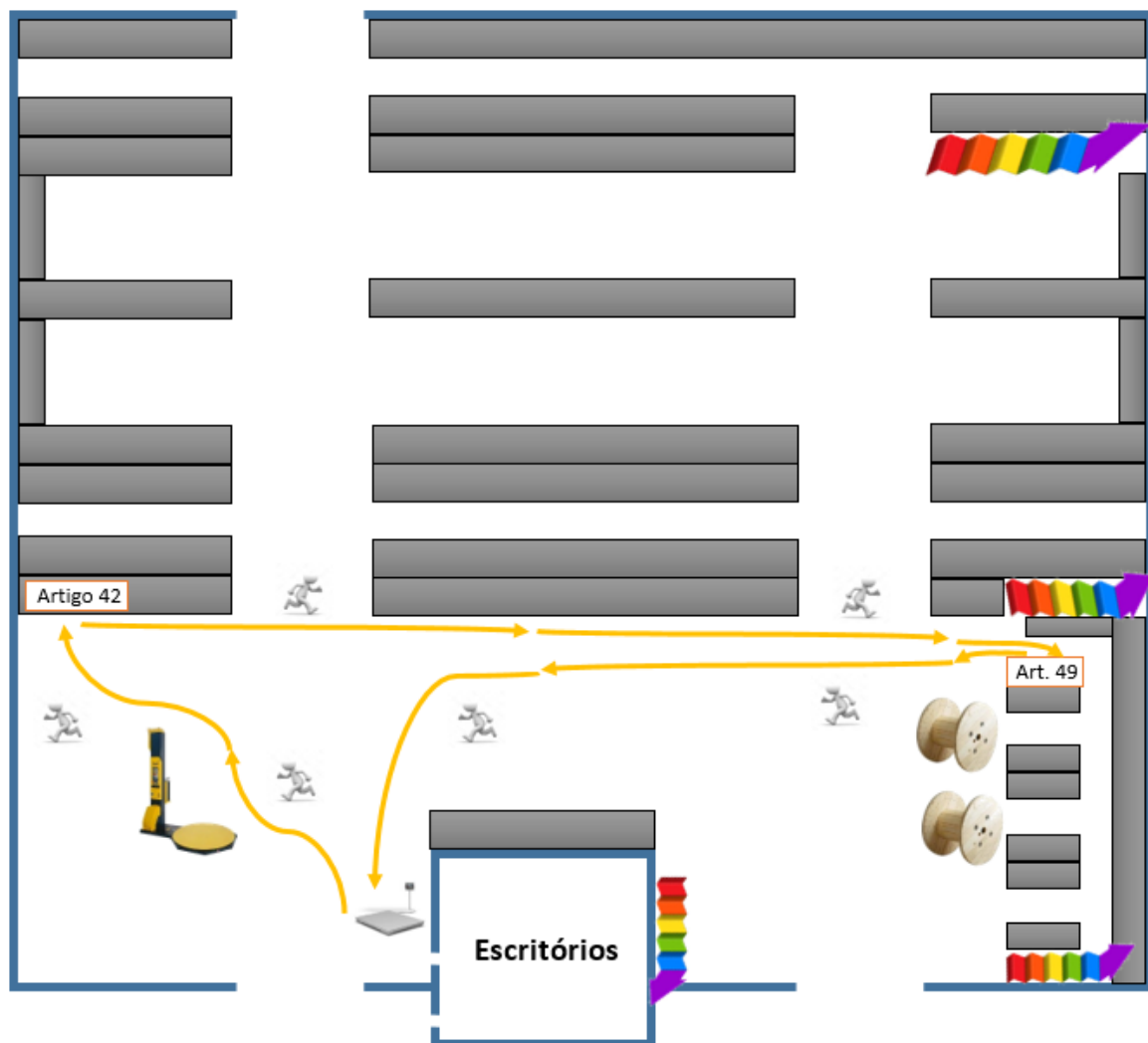


Figura 57 - Diagrama de esparguete da nota de encomenda 5, após nova disposição dos artigos. Elaboração própria.

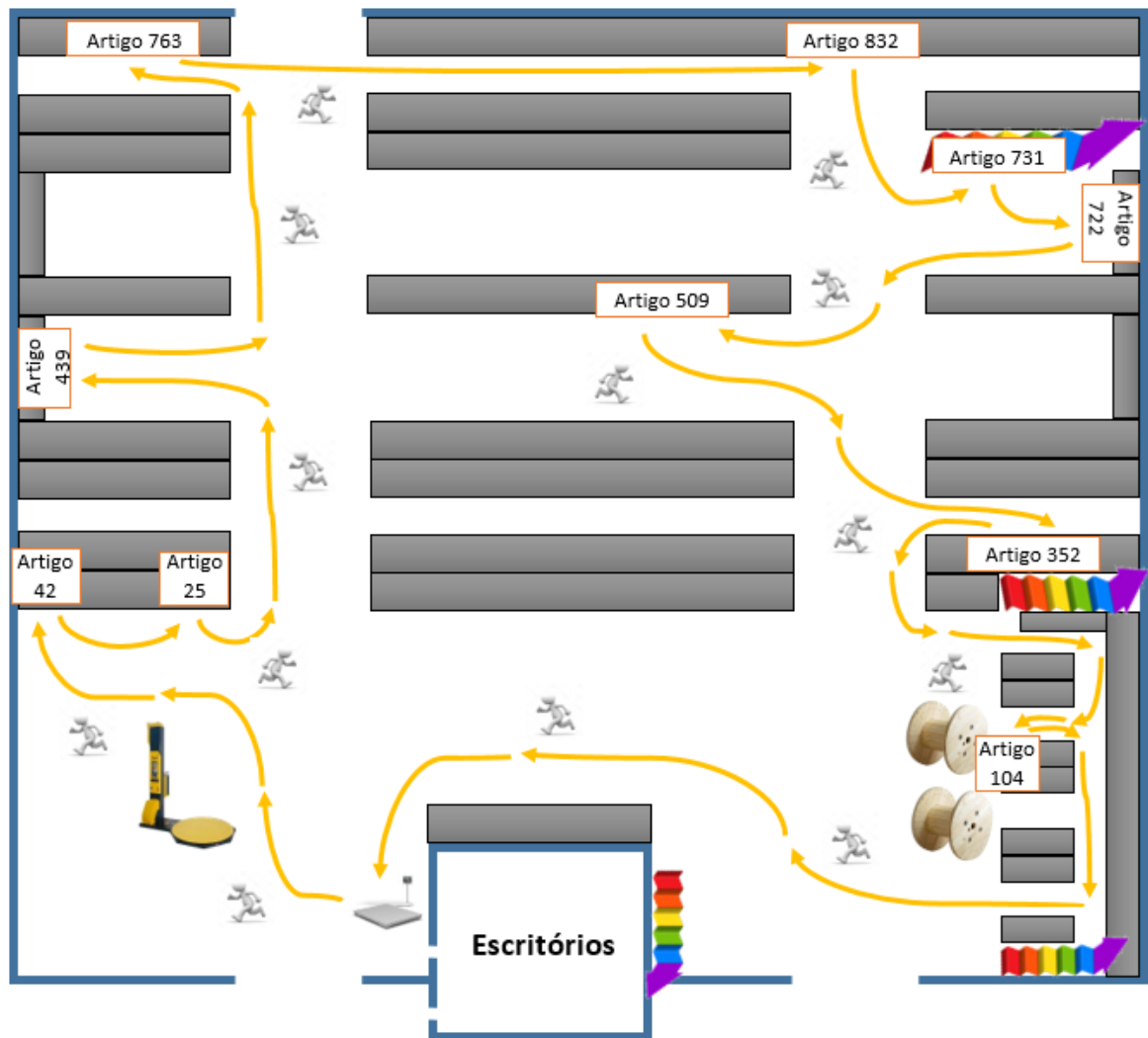


Figura 58 - Diagrama de esparguete da nota de encomenda 6, após nova disposição dos artigos. Elaboração própria.



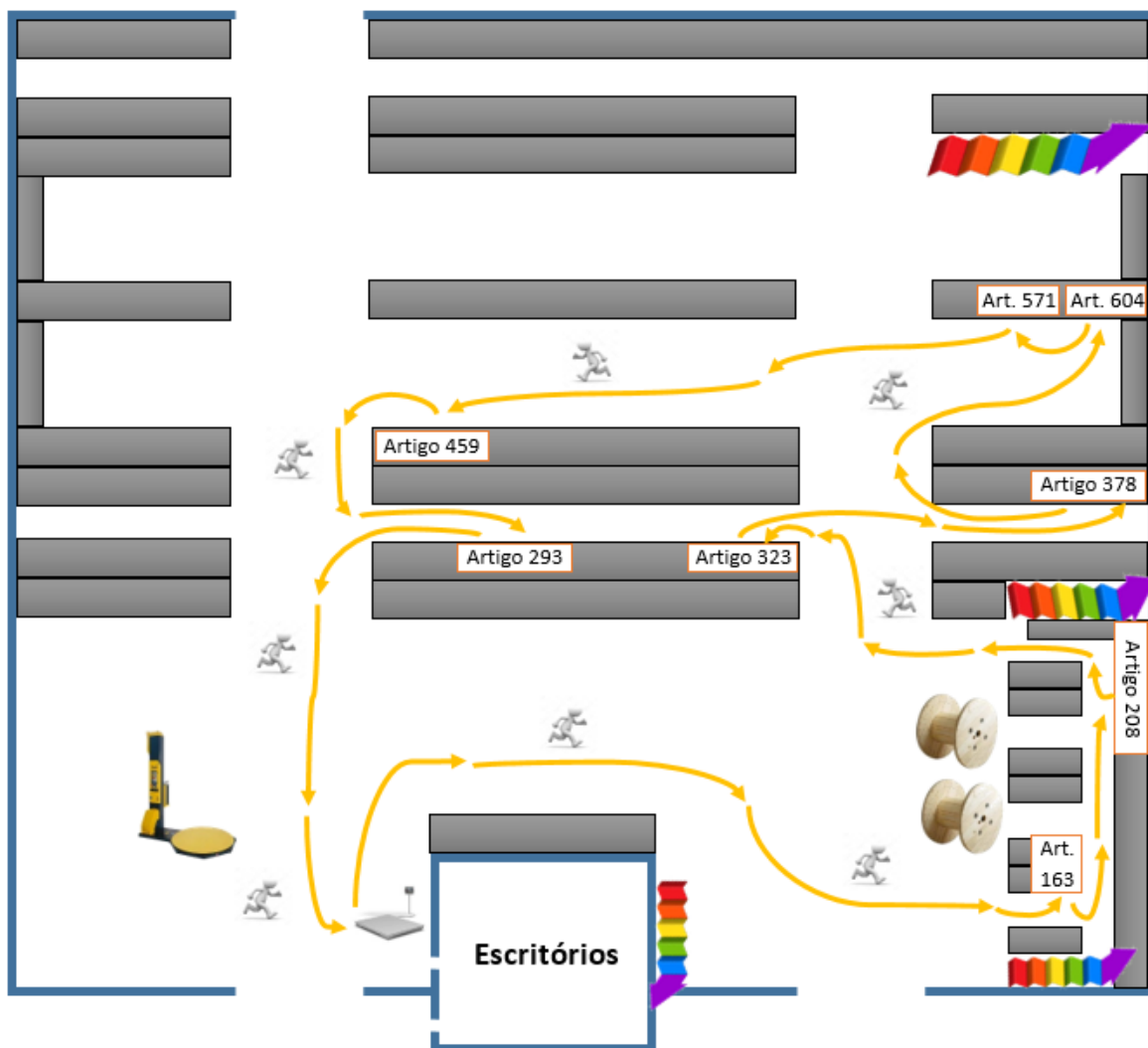


Figura 59 - Diagrama de esparguete da nota de encomenda 7, após nova disposição dos artigos. Elaboração própria.

Anexo G – Resultados da aplicação do *solver* nas encomendas 2, 3, 4, 6 e 7

		1	2	3	4
	Distância	i = 1	i = 3	i = 16	i = 45
1	j = 1	0	17,1583	27,8416	44,9916
2	j = 3	17,1583	0	28,89	46,04
3	j = 16	27,8416	28,89	0	31,98
4	j = 45	44,9916	46,04	31,98	0

	3	2	1	4	3
	28,89	17,1583	44,9916	31,98	

Menor distância:	123,0199 m
Sequência:	1 - 45 - 16 - 3 - 1

Houve melhoria	
Antes (m)	Depois (m)
107,45	< 123,0199

Figura 60 - Resultado da aplicação do *solver* no estudo da encomenda 2, no *picking* atual. Elaboração própria.

		1	2	3	4	5	6
	Distância	i = 1	i = 6	i = 10	i = 12	i = 24	i = 37
1	j = 1	0	22,0766	15,17	32,4516	24,6414	36,1283
2	j = 6	22,0766	0	9,465	10,375	22,812	40,025
3	j = 10	15,17	9,465	0	2,82	32,727	49,49
4	j = 12	32,4516	10,375	2,82	0	33,187	50,4
5	j = 24	24,6414	22,812	32,727	33,187	0	19,283
6	j = 37	36,1283	40,025	49,49	50,4	19,283	0

	2	5	6	1	3	4	2
	22,812	19,283	36,1283	15,17	2,82	10,375	

Menor distância:	106,5883 m
Sequência:	1 - 10 - 12 - 6 - 24 - 37 - 1

Não houve melhoria	
Antes (m)	Depois (m)
88,17	< 106,5883

Figura 61 - Resultado da aplicação do *solver* no estudo da encomenda 2, após nova disposição dos artigos. Elaboração própria.

		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
	Distância	i = 1	i = 2	i = 3	i = 4	i = 6	i = 7	i = 13	i = 14	i = 15	i = 16	i = 36
1	j = 1	0	8,17	17,1583	9,955	22,0766	25,8116	20,1533	16,9466	24,6449	27,8416	40,7166
2	j = 2	8,17	0	17,498	7,325	15,548	19,283	20,493	17,286	17,286	21,313	33,358
3	j = 3	17,1583	17,498	0	11,003	23,125	28,86	11,385	14,295	18,193	28,89	41,765
4	j = 4	9,955	7,325	11,003	0	12,122	15,857	13,998	10,792	14,69	17,887	30,762
5	j = 6	22,0766	15,548	23,125	12,122	0	3,735	26,12	15,117	11,218	8,615	21,49
6	j = 7	25,8116	19,283	28,86	15,857	3,735	0	29,855	18,852	14,953	12,35	25,225
7	j = 13	20,1533	20,493	11,385	13,998	26,12	29,855	0	11,003	14,902	25,895	38,78
8	j = 14	16,9466	17,286	14,295	10,792	15,117	18,852	11,003	0	3,8983	14,892	27,767
9	j = 15	24,6449	17,286	18,193	14,69	11,218	14,953	14,902	3,8983	0	10,993	23,868
10	j = 16	27,8416	21,313	28,89	17,887	8,615	12,35	25,895	14,892	10,993	0	21,265
11	j = 36	40,7166	33,358	41,765	30,762	21,49	25,225	38,78	27,767	23,868	21,265	0

	8	9	10	11	5	6	2	1	4	3	7	8
	3,8983	10,993	21,265	21,49	3,735	19,283	8,17	9,955	11,003	11,385	11,003	

Menor distância:	132,1803 m
Sequência:	1 - 4 - 3 - 13 - 14 - 15 - 16 - 36 - 6 - 7 - 2 - 1

Houve melhoria	
Antes (m)	Depois (m)
205,6	> 132,1803

Figura 62 - Resultado da aplicação do solver no estudo da encomenda 3, no *picking* atual. Elaboração própria.

		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
	Distância	i = 1	i = 11	i = 15	i = 21	i = 23	i = 24	i = 25	i = 33	i = 40	i = 45	i = 62
1	j = 1	0	28,6316	24,6449	29,6933	27,8483	24,6416	32,3399	33,0283	43,8166	44,9916	52,9816
2	j = 11	28,6316	0	17,773	42,215	40,37	29,367	25,468	45,55	31,145	23,83	40,275
3	j = 15	24,6449	17,773	0	24,442	22,597	18,695	15,492	27,777	26,968	34,583	36,088
4	j = 21	29,6933	42,215	24,442	0	6,545	17,548	21,447	20,115	40,72	59,025	49,84
5	j = 23	27,8483	40,37	22,597	6,545	0	11,003	14,902	13,57	34,175	57,18	43,295
6	j = 24	24,6416	29,367	18,695	17,548	11,003	0	3,8983	16,183	23,172	46,177	32,292
7	j = 25	32,3399	25,468	15,492	21,447	14,902	3,8983	0	20,082	19,273	42,278	28,393
8	j = 33	33,0283	45,55	27,777	20,115	13,57	16,183	20,082	0	28,995	62,36	38,115
9	j = 40	43,8166	31,145	26,968	40,72	34,175	23,172	19,273	28,995	0	46,955	21,66
10	j = 45	44,9916	23,83	34,583	59,025	57,18	46,177	42,278	62,36	46,955	0	57,525
11	j = 62	52,9816	40,275	36,088	49,84	43,295	32,292	28,393	38,115	21,66	57,525	0

	2	10	9	11	7	6	8	5	4	1	3	2
	23,83	46,955	21,66	28,393	3,8983	16,183	13,57	6,545	29,6933	24,6449	17,773	

Menor distância:	233,1455 m
Sequência:	1 - 15 - 11 - 45 - 40 - 62 - 25 - 24 - 33 - 23 - 21 - 1

Não houve melhoria	
Antes (m)	Depois (m)
160,55	< 233,1455

Figura 63 - Resultado da aplicação do solver no estudo da encomenda 3, após nova disposição dos artigos.

		1	2	3	4	5	6	7
	Distância	i = 1	i = 10	i = 41	i = 42	i = 43	i = 44	i = 46
1	j = 1	0	15,17	42,5416	41,1716	44,0016	45,9916	48,9016
2	j = 10	15,17	0	14,74	13,37	16,2	18,11	20,47
3	j = 41	42,5416	14,74	0	2,82	5,65	7,56	9,92
4	j = 42	41,1716	13,37	2,82	0	3,28	5,19	7,1
5	j = 43	44,0016	16,2	5,65	3,28	0	6,55	8,46
6	j = 44	45,9916	18,11	7,56	5,19	6,55	0	6,55
7	j = 46	48,9016	20,47	9,92	7,1	8,46	6,55	0

	6	5	1	2	3	4	7	6
	6,55	44,0016	15,17	14,74	2,82	7,1	6,55	

Menor distância:	96,9316 m
Sequência:	1 - 10 - 41 - 42 - 46 - 44 - 43 - 1

Houve melhoria	
Antes (m)	Depois (m)
105,75	> 96,9316

Figura 64 - Resultado da aplicação do solver no estudo da encomenda 4, no *picking* atual. Elaboração própria.

		1	2	3	4	5	6
	Distância	i = 1	i = 3	i = 7	i = 8	i = 12	i = 16
1	j = 1	0	17,1583	25,8116	31,4616	32,4516	27,8416
2	j = 3	17,1583	0	26,86	32,51	33,5	28,89
3	j = 7	25,8116	26,86	0	5,65	6,64	12,35
4	j = 8	31,4616	32,51	5,65	0	4,73	18
5	j = 12	32,4516	33,5	6,64	4,73	0	18,99
6	j = 16	27,8416	28,89	12,35	18	18,99	0

	1	2	3	4	5	6	1
	17,1583	26,86	5,65	4,73	18,99	27,8416	

Menor distância:	101,2299 m
Sequência:	1 - 3 - 7 - 8 - 12 - 16 - 1

Não houve melhoria	
Antes (m)	Depois (m)
95,21	< 101,2299

Figura 65 - Resultado da aplicação do solver no estudo da encomenda 4, após nova disposição dos artigos.

		1	2	3	4	5	6
	Distância	i = 1	i = 37	i = 40	i = 42	i = 43	i = 45
1	j = 1	0	36,1283	43,8166	41,1716	44,0016	44,9916
3	j = 37	36,1283	0	25,895	60,64	63,47	64,46
4	j = 40	43,8166	25,895	0	43,135	45,965	46,955
5	j = 42	41,1716	60,64	43,135	0	3,28	3,82
6	j = 43	44,0016	63,47	45,965	3,28	0	5,18
7	j = 45	44,9916	64,46	46,955	3,82	5,18	0

	1	2	3	4	6	5	1
	36,1283	25,895	43,135	3,82	5,18	44,0016	

Menor distância:	158,1599 m
Sequência:	1 - 37 - 40 - 42 - 45 - 43 - 1

Não houve melhoria	
Antes (m)	Depois (m)
167,45	> 158,1599

Figura 66 - Resultado da aplicação do solver no estudo da encomenda 6, no *picking* atual. Elaboração própria.

		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
	Distância	i = 1	i = 3	i = 8	i = 16	i = 21	i = 25	i = 32	i = 36	i = 37	i = 39
1	j = 1	0	17,1583	31,4516	27,8416	29,6933	32,3399	42,8216	40,7166	36,1283	40,6199
2	j = 3	17,1583	0	32,51	28,89	20,925	25,592	42,8699	41,765	27,36	33,872
3	j = 8	31,4516	32,51	0	18	45,045	28,298	31,98	30,875	49,41	36,578
4	j = 16	27,8416	28,89	18	0	35,435	18,688	23,37	21,265	41,87	26,968
5	j = 21	29,6933	20,925	45,045	35,435	0	21,447	39,7249	37,62	23,215	26,817
6	j = 25	32,3399	25,592	28,298	18,688	21,447	0	18,2783	16,173	23,182	16,077
7	i = 32	42,8216	42,8699	31,98	23,37	39,7249	18,2783	0	6,5	35,2799	20,3783
8	j = 36	40,7166	41,765	30,875	21,265	37,62	16,173	6,5	0	28,995	14,093
9	j = 37	36,1283	27,36	49,41	41,87	23,215	23,182	35,2799	28,995	0	14,902
10	j = 39	40,6199	33,872	36,578	26,968	26,817	16,077	20,3783	14,093	14,902	0

	6	4	3	1	2	5	9	10	8	7	6
	18,688	18	31,4516	17,1583	20,925	23,215	14,902	14,093	6,5	18,2783	

Menor distância:	183,2112 m
Sequência:	1 - 3 - 21 - 37 - 39 - 36 - 32 - 25 - 16 - 8 - 1

Não houve melhoria	
Antes (m)	Depois (m)
168,33	< 183,2112

Figura 67 - Resultado da aplicação do solver no estudo da encomenda 6, após nova disposição dos artigos. Elaboração própria.

		1	2	3	4	5	6	7
	Distância	i = 1	i = 3	i = 4	i = 14	i = 38	i = 41	i = 45
1	j = 1	0	8,17	9,955	16,9466	32,9216	42,5416	44,9916
2	j = 3	8,17	0	11,003	14,295	29,973	43,59	46,04
3	j = 4	9,955	11,003	0	10,792	26,767	32,587	35,037
4	j = 14	16,9466	14,295	10,792	0	24,068	36,032	38,482
5	j = 38	32,9216	29,973	26,767	24,068	0	51,007	53,457
6	j = 41	42,5416	43,59	32,587	36,032	51,007	0	6,64
7	j = 45	44,9916	46,04	35,037	38,482	53,457	6,64	0

	7	3	1	2	4	5	6	7
	35,037	9,955	8,17	14,295	24,068	51,007	6,64	

Menor distância:	149,172 m
Sequência:	1 - 3 - 14 - 38 - 41 - 45 - 4 - 1

Houve melhoria	
Antes (m)	Depois (m)
172,85	> 149,172

Figura 68 - Resultado da aplicação do solver no estudo da encomenda 7, no *picking* atual. Elaboração própria.

		1	2	3	4	5	6	7	8
	Distância	i = 1	i = 10	i = 11	i = 14	i = 15	i = 16	i = 18	i = 26
1	j = 1	0	15,17	28,6316	16,9466	24,6449	27,8416	19,9416	35,5166
2	j = 10	15,17	0	6,64	24,582	21,133	18,53	28,027	26,225
3	j = 11	28,6316	6,64	0	21,672	17,773	15,17	24,667	22,865
4	j = 14	16,9466	24,582	21,672	0	3,8983	14,892	11,088	22,587
5	j = 15	24,6449	21,133	17,773	3,8983	0	10,993	14,69	18,688
6	j = 16	27,8416	18,53	15,17	14,892	10,993	0	17,887	16,085
7	j = 18	19,9416	28,027	24,667	11,088	14,69	17,887	0	15,693
8	j = 26	35,5166	26,225	22,865	22,587	18,688	16,085	15,693	0

	7	5	4	1	2	3	6	8	7
	14,69	3,8983	16,9466	15,17	6,64	15,17	16,085	15,693	

Menor distância:	104,2929 m
Sequência:	1 - 10 - 11 - 16 - 26 - 18 - 15 - 14 - 1

Houve melhoria	
Antes (m)	Depois (m)
114,07	> 104,2929

Figura 69 - Resultado da aplicação do solver no estudo da encomenda 7, após nova disposição dos artigos.

Anexo H – Diagramas de esparguete do resultados da aplicação do *solver* nas encomendas 2, 3, 4, 6 e 7

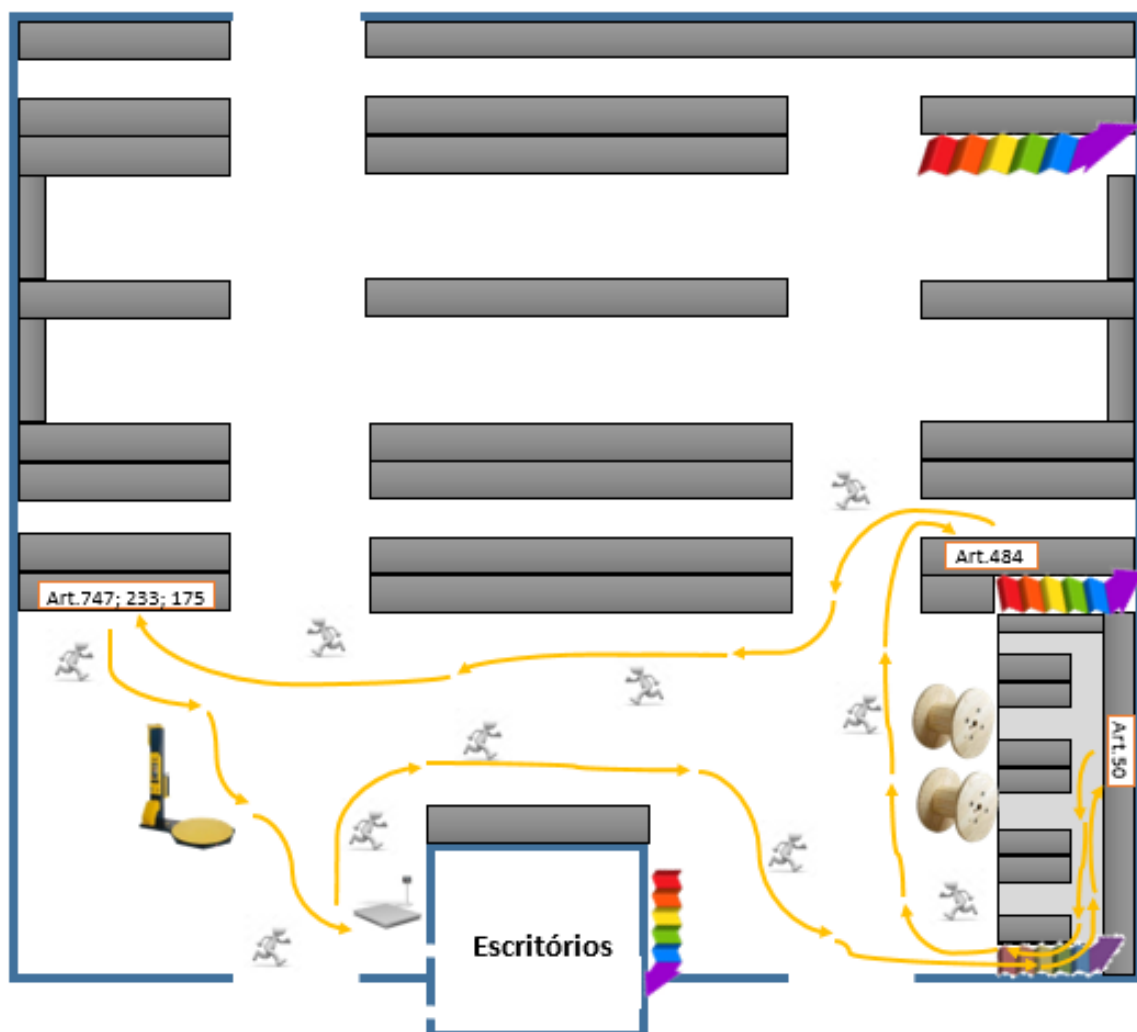


Figura 70 - Sequência obtida na aplicação do *solver* no *picking* atual (encomenda 2), resultado da Figura 60. Elaboração própria.

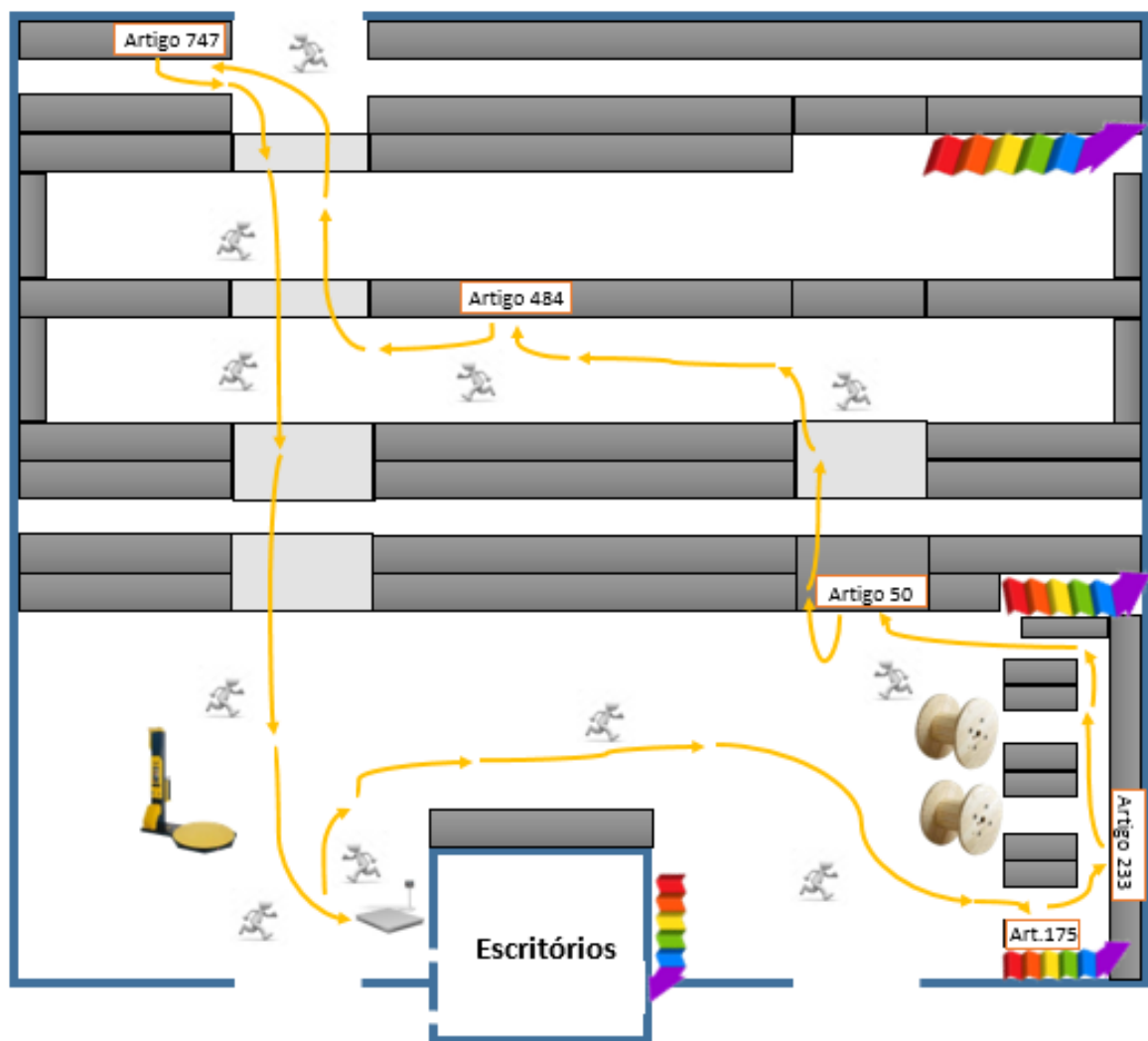


Figura 71 - Sequência obtida na aplicação do *solver* após a nova disposição dos artigos (encomenda 2), resultado da Figura 61. Elaboração própria.



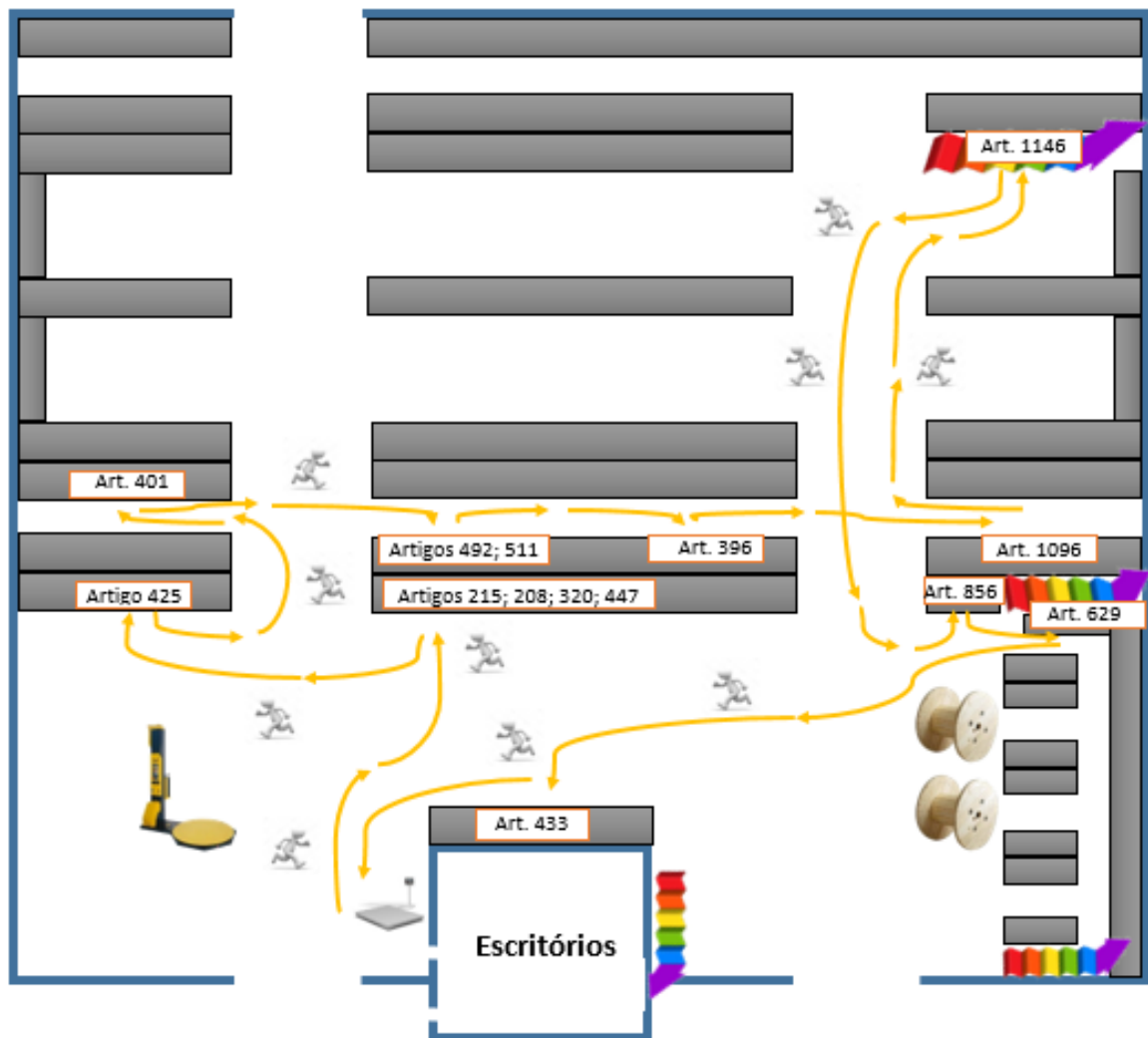


Figura 72 - Sequência obtida na aplicação do *solver* no *picking* atual (encomenda 3), resultado da Figura 62. Elaboração própria.

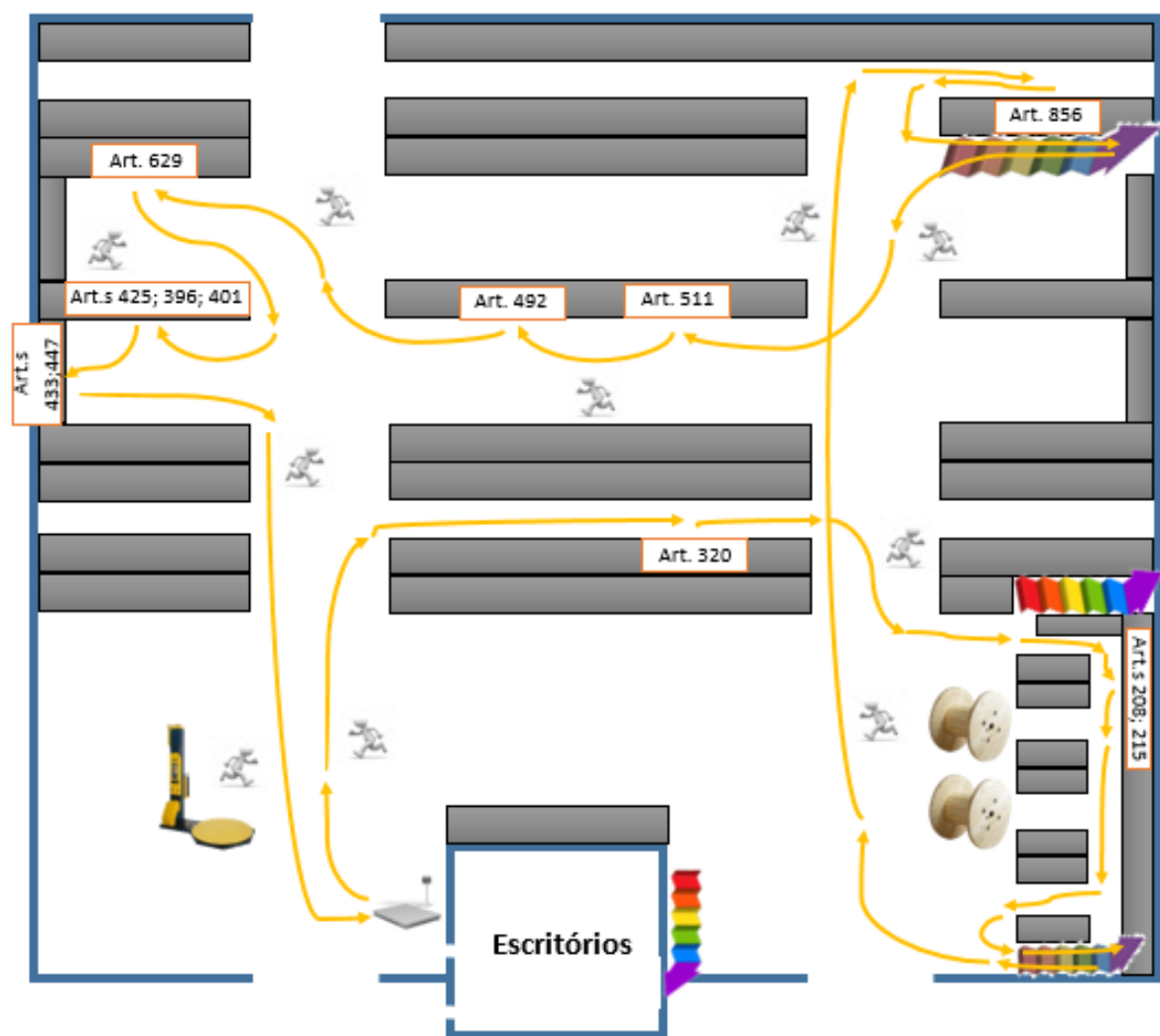


Figura 73 - Sequência obtida na aplicação do *solver* após a nova disposição dos artigos (encomenda 3), resultado da Figura 63. Elaboração própria.

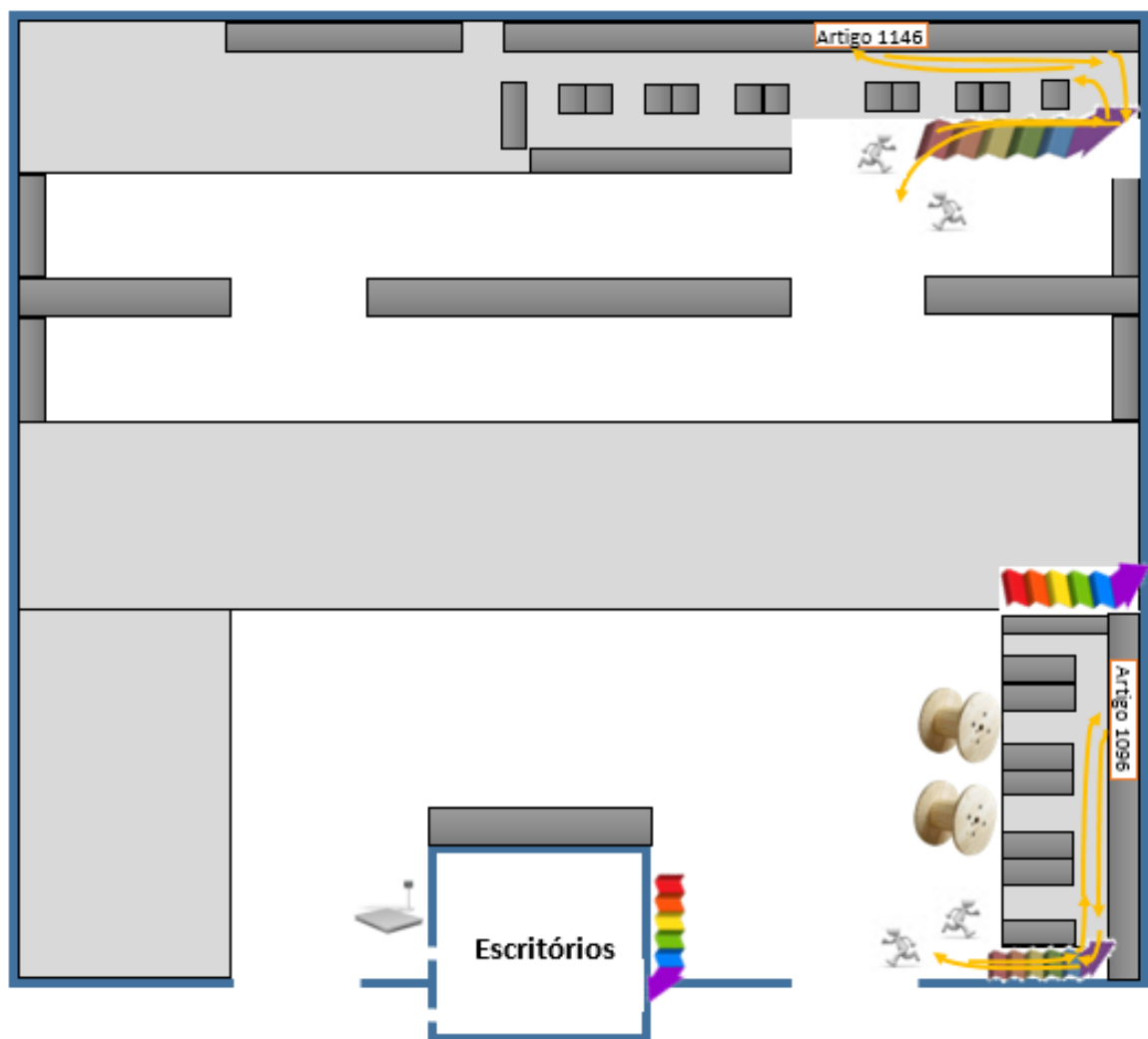


Figura 74 - Continuação da sequência obtida na aplicação do *solver* após a nova disposição dos artigos (encomenda 3), resultado da Figura 63. Elaboração própria.

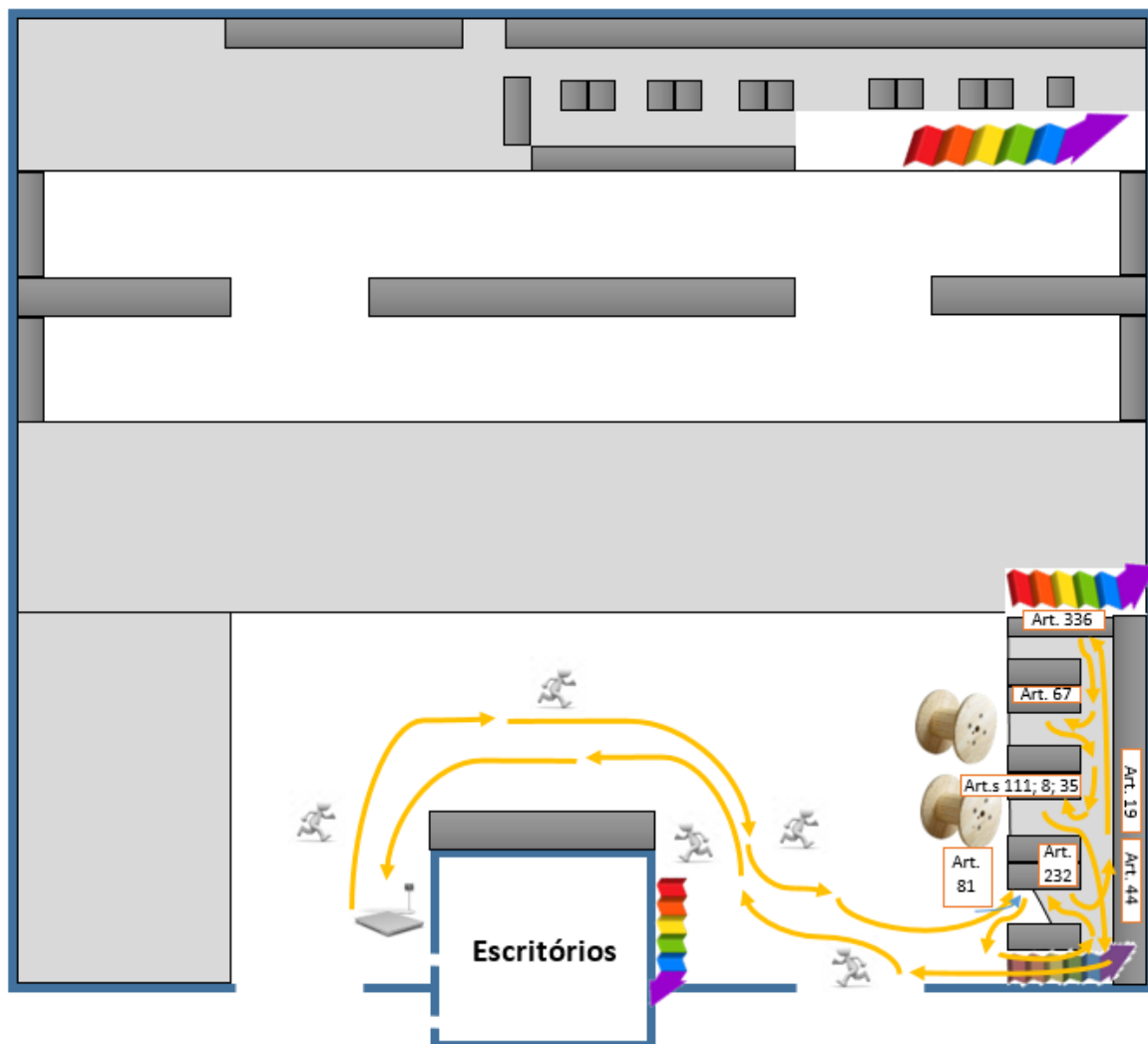


Figura 75 - Sequência obtida na aplicação do *solver* no *picking* atual (encomenda 4), resultado da Figura 64. Elaboração própria.

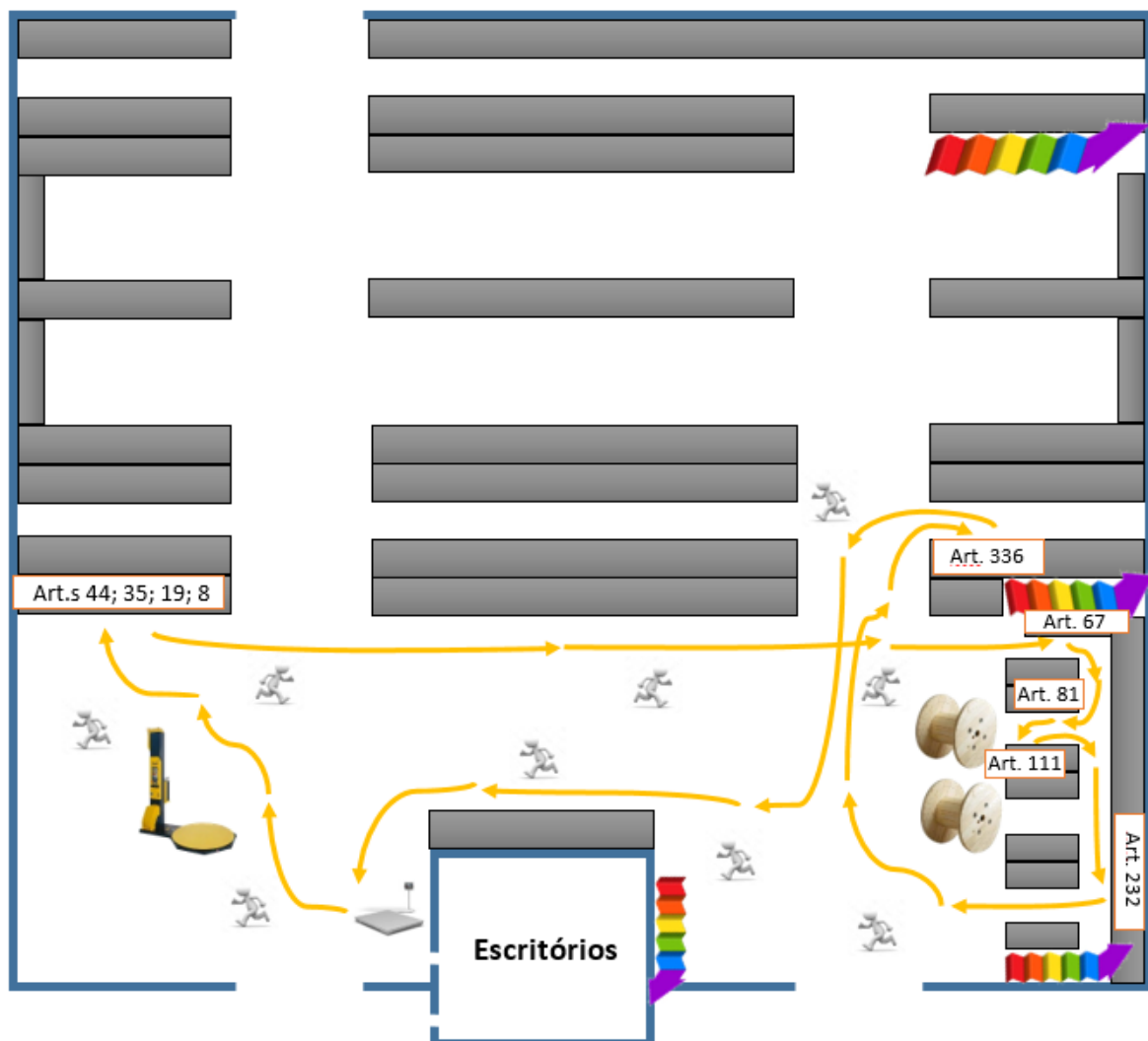


Figura 76 - Sequência obtida na aplicação do *solver* após a nova disposição dos artigos (encomenda 4), resultado da Figura 65. Elaboração própria.

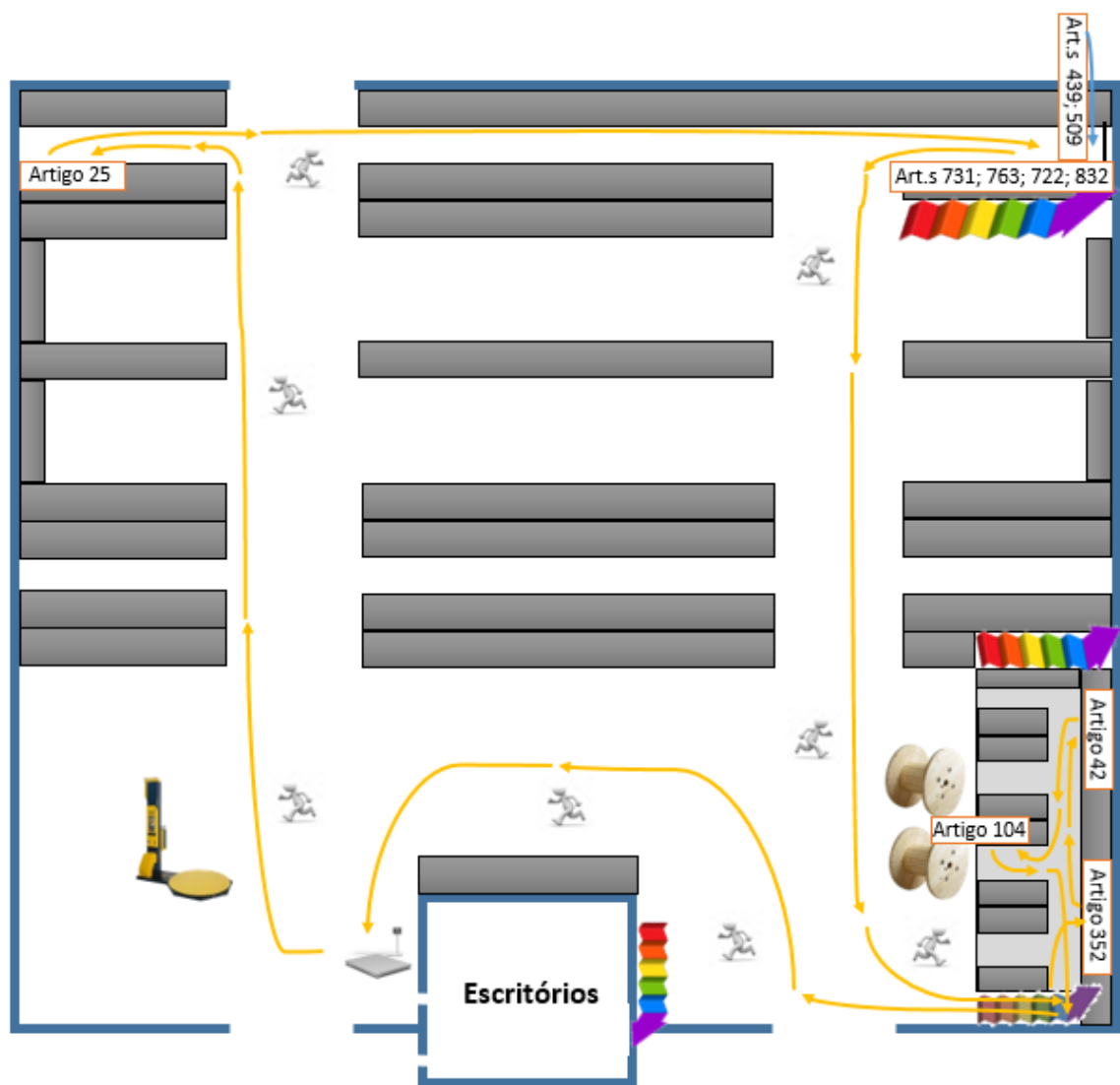


Figura 77 - Sequência obtida na aplicação do *solver* no *picking* atual (encomenda 6), resultado da Figura 66. Elaboração própria.

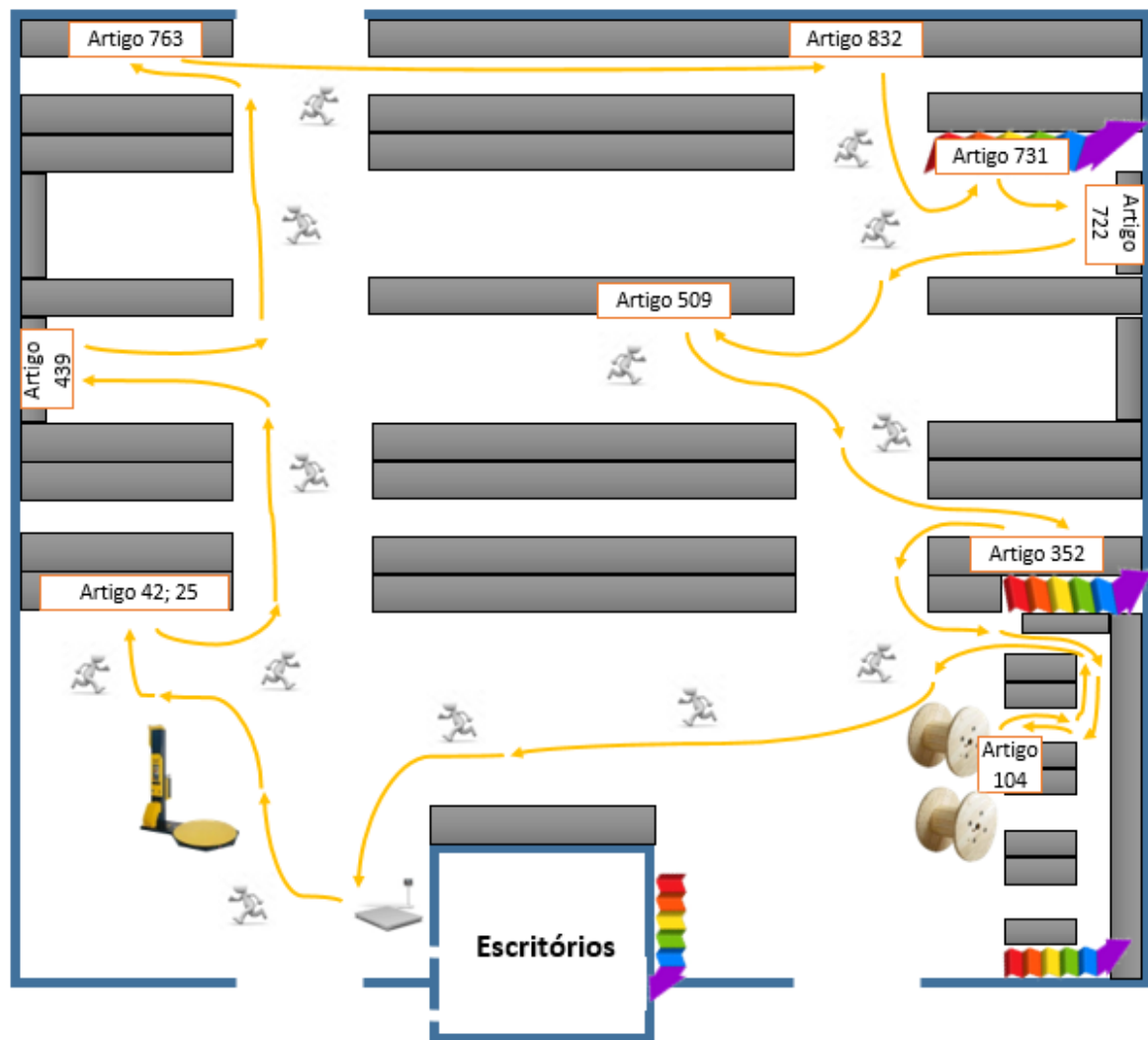


Figura 78 - Sequência obtida na aplicação do *solver* após a nova disposição dos artigos (encomenda 6), resultado da Figura 67. Elaboração própria.

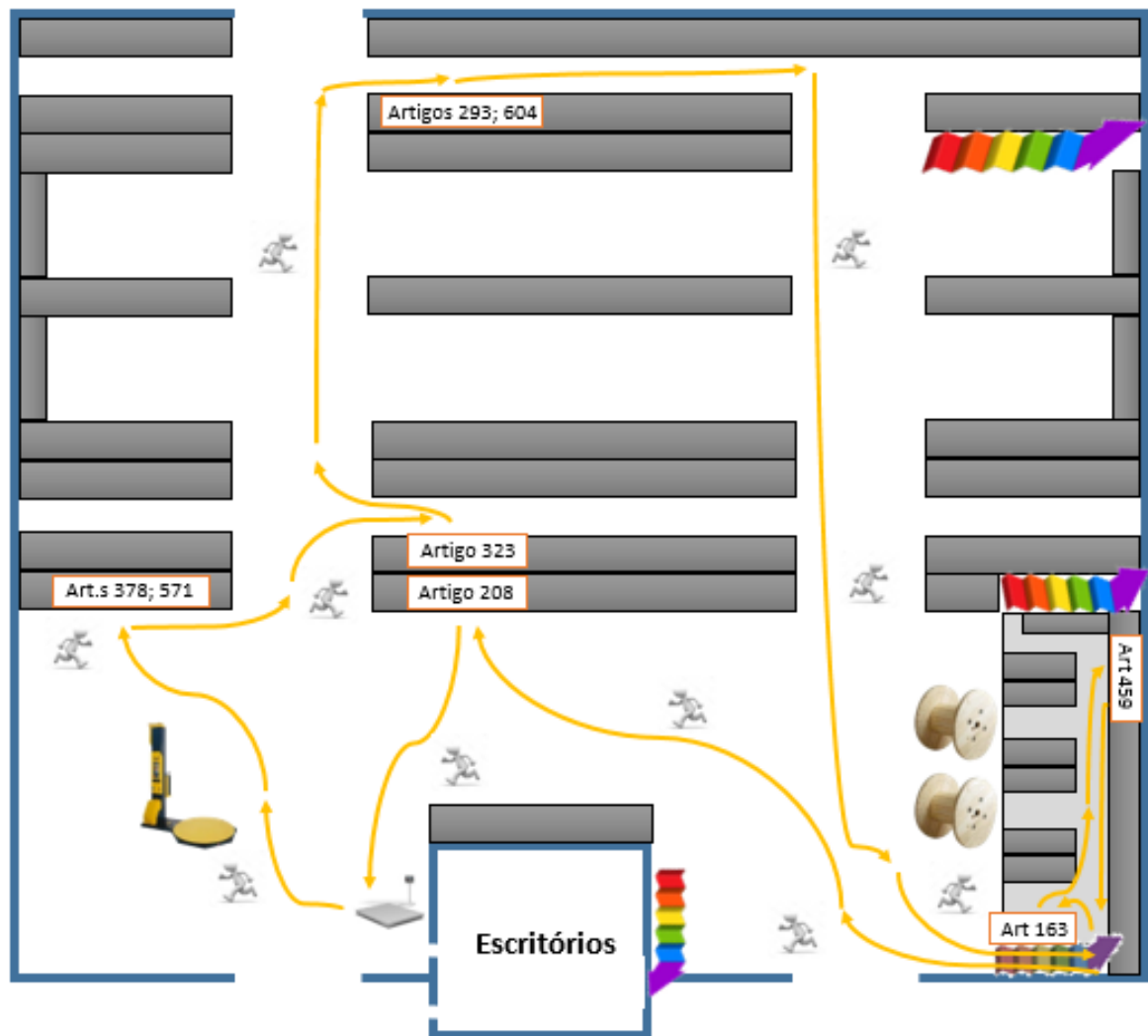


Figura 79 - Sequência obtida na aplicação do *solver* no *picking* atual (encomenda 7), resultado da Figura 68. Elaboração própria.



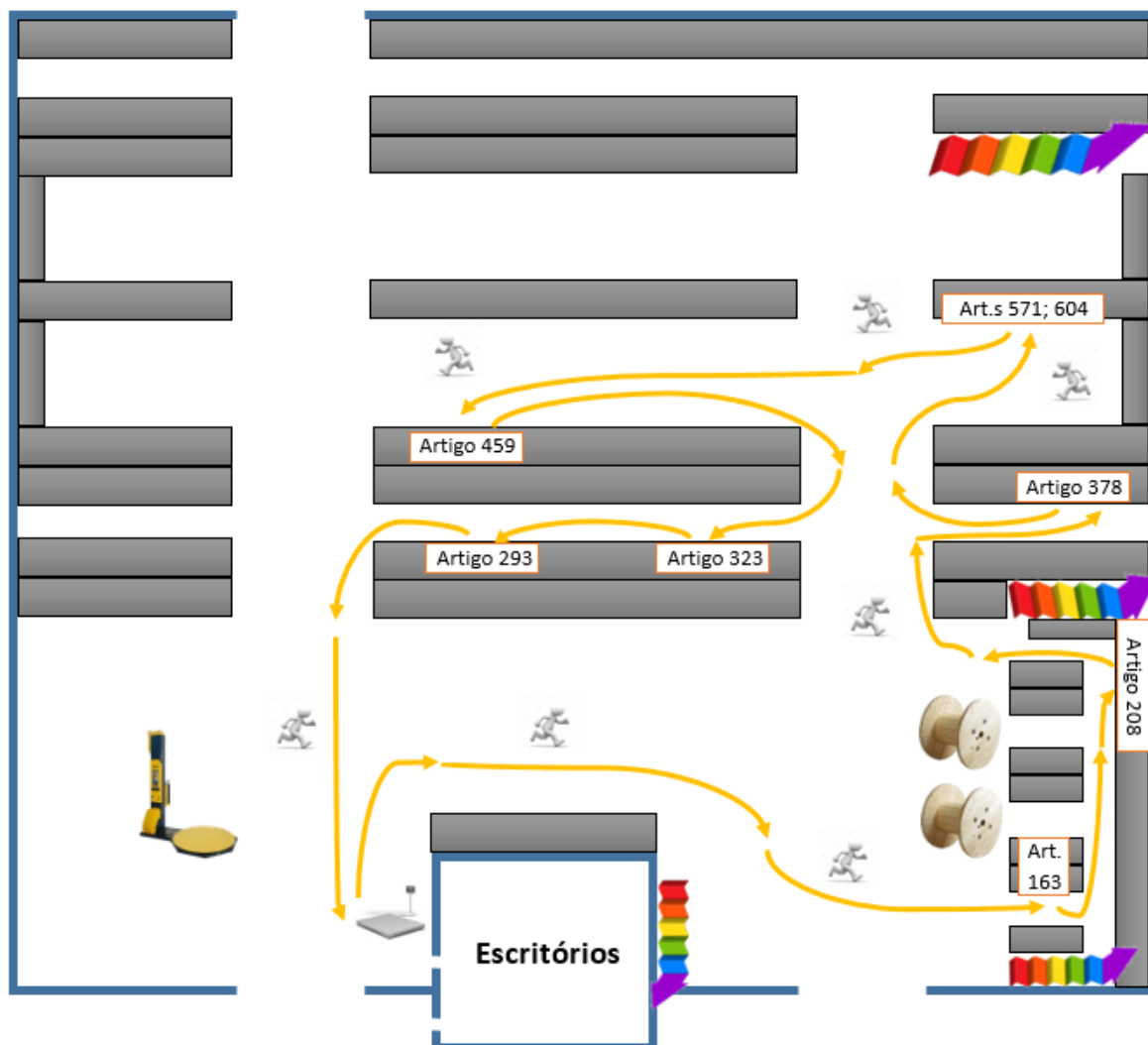


Figura 80 - Sequência obtida na aplicação do *solver* após a nova disposição dos artigos (encomenda 7), resultado da Figura 69. Elaboração própria.